www.radio.ru

9 • 2017

РАДИО

АУДИО • ВИДЕО • СВЯЗЬ • ЭЛЕКТРОНИКА • КОМПЬЮТЕРЫ

ЧАСТОТОМЕР НА ПЛИС

- *Микрофонный предусилитель*
- *Драйвер выходных каскадов*
- *Сопряжение АЦП с МК*
- *ЦДУ на мониторе*

...и ещё 17 конструкций



9
2017


ПЕРВЫЙ НОМЕР ЖУРНАЛА ВЫШЕЛ В 1924 ГОДУ
Коля Укавинкин — охотник за лисой
РАЗРАБОТАНО В МИФИ
Звуколокатор
ЖУРНАЛ
РАДИО
АУДИО•ВИДЕО•СВЯЗЬ•ЭЛЕКТРОНИКА•КОМПЬЮТЕРЫ
В ЭЛЕКТРОННОМ ВИДЕ
Подписка на электронный журнал "Радио" с доставкой по электронной почте на 2018 год, а также на 2012—2017 гг. Цена не изменилась: 12 месяцев — 600 рублей!*
На сайте http://el.radio.ru Вы можете узнать, как подписаться и скачать бесплатный журнал № 7 за 2011 г.
* 600 рублей — стоимость подписки при оплате в редакции. Стоимость подписки может увеличиться за счёт стоимости услуг банка или платёжных систем, которую они взимают за услугу перевода денег.

ЦИФРОВЫЕ RLC-МЕТРЫ



www.aktakom.ru

Эконом-класс — Новинка!



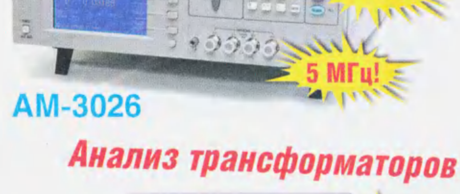
АММ-3148

6 разрядов — ЦЕНЫ СНИЖЕНЫ — 0,05%

АМ-3016

USB; LAN; RS-232; Автоматический сортировщик





АМ-3026

Графический анализ кривых резонанса



АМ-3028

Встроенный источник смещения



Новинка! CV-метрия!

АММ-3068/3078/3088

Анализ трансформаторов — Новинка!

АММ-3038/3048/3058

Параметры	АММ-3148	АМ-3016	АММ-3038/3048/3058	АММ-3068/3078/3088	АМ-3028	АМ-3026
Точность	0,1 %	0,05 %	0,05 %		0,05 %	0,1 %
Тактовая частота (макс.)	100 кГц	200 кГц	300 кГц/ 500 кГц/ 1 МГц		1 МГц	5 МГц
ЖК-дисплей	5 разрядов	6 разрядов (240×60)	6 разрядов TFT (480×272)	6 разрядов TFT (800×480)	6 разрядов (320×240)	5 разрядов (320×240)
Ёмкость	0,001 пФ…10 мФ	0,00001 пФ…1 Ф	0,00001 пФ…10 Ф			0,00001 пФ…10 Ф
Индуктивность	0,001 мкГн…100 кГн	0,01 нГн…10 кГн	0,01 нГн…100 кГн			0,1 нГн…10 кГн
Сопротивление	0,0001 Ом…100 МОм	0,01 мОм…100 МОм				0,1 Ом…100 МОм

АМ-3055



карманный

АММ-3031



+ мультиметр

АММ-3035



+ графическая шкала

АММ-3320 — DCR — 100 кГц

Новинка!

АМ-3123
АМ-3125



USB — DCR

Параметры	АМ-3055	АММ-3031	АММ-3035	АММ-3320	АМ-3123/АМ-3125
Точность	1,2 %	0,1 %	0,5 %	0,3 %	0,25 %
Тактовая частота (макс.)	3 Гц	2,2 Гц	100 кГц	100 кГц	10 кГц (АМ-3123) 100 кГц (АМ-3125)
ЖК-дисплей	3 ½ разряда; однострочный	4 5/6 разрядов; однострочный	4 ½ разряда; двухстрочный	4 ½ разряда; двухстрочный	5 разрядов; двухстрочный
Схемы измерения	2-х проводная	2-х проводная	4-х, 5-ти проводная	2-х проводная	3-х, 5-ти проводная
Ёмкость	1 пФ…60 мФ	10 пФ…4 мФ	0,01 пФ…20 мФ	200 пФ/…/20 мФ	0,01 пФ/0,001 пФ…20 мФ
Индуктивность	–	0,1 мкГн…6 Гн	0,001 мкГн…20 кГн	20 мкГн/…/20 кГн	0,01 мкГн/0,001 мкГн…1 кГн
Сопротивление	0,1 Ом…60 МОм	0,1 Ом…60 МОм	0,001 Ом…200 МОм	20 Ом/…/2 МОм	0,1 Ом…10 МОм



Читайте об измерении паразитных параметров и сортировке RLC-компонентов на www.eliks.ru в разделе "Мне нужно измерить…"

ЭЛИКС, 115211, г. Москва, Каширское шоссе, д. 57, к. 5.
Тел./факс: (495) 781-49-69 (многоканальный)
Web: www.eliks.ru; E-mail: eliks@eliks.ru



БОЛЬШЕ ИНФОРМАЦИИ НА www.eliks.ru

В НОМЕРЕ:

На нашей обложке. Частотомер на ПЛИС (см. статью на с. 29).

ЧИТАЙТЕ В СЛЕДУЮЩЕМ НОМЕРЕ:

ЛЕНТОЧНАЯ СЧ-ГОЛОВКА В АС
ВЫХОДНОЙ КАСКАД УМЗЧ
БЛОК ПИТАНИЯ НА ARDUINO
СИГНАЛИЗАТОР ПОЛИВА

Тираж журнала «Радио» № 8 сдан для рассылки подписчикам 02.08.2017 г.



9•2017
МАССОВЫЙ
ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ

"Radio" is monthly publication on audio, video, computers, home electronics and telecommunication

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ: ЗАО «ЖУРНАЛ «РАДИО»

Зарегистрирован Министерством печати и информации РФ 01 июля 1992 г.
Регистрационный ПИ № ФС77-50754

Адрес редакции: 107045, Москва, Селивёрстов пер., 10, стр. 1
Тел.: (495) 607-31-18. Факс: (495) 608-77-13
E-mail: **ref@radio.ru**
Группа работы с письмами — (495) 607-08-48
Отдел рекламы — (495) 607-31-18; e-mail: **advert@radio.ru**
Распространение — (495) 608-81-79; e-mail: **sale@radio.ru**
Подписка и продажа — (495) 607-77-28
Бухгалтерия — (495) 607-87-39

Наши платёжные реквизиты:
получатель — ЗАО "Журнал "Радио", ИНН 7708023424,
р/сч. 40702810438090103159
Банк получателя — ПАО Сбербанк г. Москва
корр. счет 30101810400000000225 БИК 044525225

Подписано к печати 18.08.2017 г. Формат 60×84 1/8. Печать офсетная.
Объём 8 физ. печ. л., 4 бум. л., 10,5 уч.-изд. л.
В розницу — цена договорная.
Подписной индекс:
по каталогу «Роспечати» — 70772;
по Объединённому каталогу «Пресса России» — 89032;
по каталогу Российской прессы ПОЧТА РОССИИ — 61972.

Отпечатано в АО «ПОЛИГРАФИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС «ЭКСТРА М»,
143400, Московская обл., Красногорский р-н, а/м «Балтия», 23 км.
Зак. 17-08-00226.

ДВЕ ГРАНИ ТЕЛЕПОРТАЦИИ

А. ГОЛЫШКО, канд. техн. наук, г. Москва

"Существуют два способа стать счастливым: улучшить реальность или снизить ожидания".

(из напутствия молодожёнам)

Практическое использование телепортации сильно облегчает написание фантастических произведений. Зашёл в кабинку нуль-транспортировки, набрал координаты точки во Вселенной и уже выходишь в нужном месте. Но пока не получается, однако...

Если обратиться к физике, то с телепортацией фотонов, кажется, что-то получилось. И это что-то сразу же взяли на вооружение связисты, потому что это поможет создать неуязвимые к погоде и другим условиям сети связи. А если точнее — основной целью квантовой телепортации в настоящее время является создание абсолютно неуязвимых для перехвата сетей связи.

Если выражаться точнее, в такой линии связи передаётся лишь точная копия фотона, а не сам фотон. А если ещё точнее, то подобной телепортацией называется факт передачи на расстояние не самого физического объекта, а его состояния. Речь идёт о физическом явлении под названием "квантовая запутанность". Это явление заключается в том, что в одной точке пространства и времени возникают две идентичные частицы, фактически имеющие одно существование. Запутанность продолжается даже после того, как частицы, в данном случае фотоны, разделяют друг от друга. И если изменяется состояние одного из фотонов, находящийся в другой точке фотон-близнец меняется точно так же. Аналогично если с запутанной парой начинает взаимодействовать третья частица, то изменения, которые происходят в одной из них, зеркально отражаются в её близнеце.

Физика элементарных частиц изучает запутанность квантовых состояний на основании спина (вращения) элементарной частицы, и квантовая спутанность определяется по разному спину. В процессе наблюдения за объектами учёные увидели, что могут существовать только два спина — вдоль и поперёк. Как ни странно, в других положениях частицы наблюдателю не "позируют". Иначе, представим, что у вас в руках две коробки. В каждой из них лежит по одному мячу с полосой. Теперь одну коробку отдаём космонавту, и он, к примеру, улетает с ней на Марс. Но как только вы открываете коробку и видите, что полоса на мяче горизонтальная, то в другой коробке мяч автоматически будет иметь вертикальную полосу. Это и есть, так сказать, квантовая запутанность, когда один объект предопределяет положение другого.

Существует, правда, и другое объяснение принципа квантовой связи, когда микрочастицы, имеющие двойственную природу (как частицу и как волну), считаются частью мирового эфира, состоящего из безграничного набора энергетических "морей". Море, как известно, может находиться в движении в виде видимых волн и в виде капель. Точно так же и все элементарные частицы могут быть просто морем (его составляющей неотъемлемой частью) или же отдельной частицей — каплей. Принцип квантовой запутанности можно понять, если брать в учёт то, что элементарные частицы находятся в составе волн. Не имея определённого местоположения и характеристик, обе частицы пребывают в океане энергии. В момент появления наблюдателя волна "превращается" в доступный осязанию объект. Вторая частица, соблюдая систему равновесия, приобретает противоположные свойства. Если кто-то попытается перехватить информацию в такой сети, этого нельзя не заметить, потому что сам факт наблюдения за такой квантовой системой меняет

её состояние, что превращает её в идеальный защищённый канал связи. Поскольку данное объяснение либо слишком просто, либо противоречит принятой картине мира, либо просто не додумано до конца, учёные предпочитают оперировать спином.

Кстати, явление квантовой запутанности в начале прошлого века изучалось Эйнштейном, Бором, Планком и многими другими физиками. На протяжении двадцатого века по всему миру активно это изучали и экспериментировали тысячи учёных.

В XXI веке от изучения перешли к практике, и квантовые линии связи на базе спутанных фотонов начали работать на метрах, километрах, а потом на десятках и сотнях километров. А потом и на тысячах километров, воочию демонстрируя перспективные возможности подобного способа связи. Что наиболее интересно, так это то, что принцип квантовой запутанности может быть использован для передачи информации на большие расстояния мгновенно, что, казалось бы, противоречит теории относительности Эйнштейна. Как известно, последняя гласит, что максимальная скорость перемещения равна скорости света — 300 000 км/с. Однако, в случае квантовой запутанности речь не идёт о физическом перемещении фотона, а лишь о передаче информации о его состоянии. Подобная передача информации оставляет возможность существования физической телепортации, поскольку говорят, что всё в мире — информация. В том числе и материя. Да и к тому же "вначале было слово"... К такому выводу пришла квантовая физика, у которой существуют противоречия с теорией относительности, над ликвидацией которых ныне продолжают работать физики. В общем, в 2008 г. на основании теоретической базы данных физикам удалось увидеть квантовую спутанность невооружённым глазом, после чего каждый год мы слышали, что таким образом информацию удалось передать ещё в несколько раз дальше.

Быть может, это в очередной раз демонстрирует, что прогрессивное человечество находится на пороге великих открытий — возможности перемещения в пространстве и во времени. И основной вопрос к нему: не будет ли это нужно ему для того, чтобы ещё эффективнее уметь убивать друг друга в этом (или в том) пространстве и времени? Второй вопрос: уж не из того ли, что время во Вселенной дискретно, мгновенное перемещение на огромные расстояния даёт возможность попадать в различную плотность времени (о чём, говорят, свидетельствуют гипотезы Эйнштейна и Бора)? Но по сравнению с первым вопросом, этот, наверное, пока не столь значителен. Хотя, возможно, в будущем положительный ответ на него станет такой же реальностью, как, к примеру, мобильный телефон сегодня. Однако вернёмся к реальности.

Запущенный в 2016 г. китайский спутник Micius массой более 600 кг был выведен на солнечно-синхронную орбиту высотой 494,8...511,1 км с помощью ракеты-носителя "Чанчжэн-2D" (также известной как "Long March", или "Великий поход"). Спутник оснащён экспериментальным оборудованием: излучателем пар запутанных фотонов и высокоскоростным когерентным лазерным передатчиком. Недавно успешно завершились орбитальные испытания, и был установлен новый рекорд квантовой связи между двумя наземными станциями, удалёнными друг от друга на 1203 км. Учёные сумели наладить генерацию 4000 пар квантозапутанных фотонов в секунду в своей лаборатории в Тибете и переслать по одному фотону из каждой пары с помощью луча света, направленного на приёмник спутника. На спутнике установлен сверхчувствительный детектор, способный регистрировать квантовые состояния отдельных фотонов, поступающих с Земли. Затем наземные станции использовали эффект квантовой телепортации для обмена зашифрованными сообщениями через спутник. Аппарат стоимостью около 100 млн долл. США создан в рамках проекта QUESS (Quantum Science Satellite). Специалистам из объединённой группы Китайской и Австрийской академий наук потребовалось почти 14 лет, чтобы достичь этого результата. Потенциально запуск подобных спутников открывает возможность создания глобальных систем связи, защищённых от перехвата на уровне физических принципов. Эксперимент уже окрестили как начало "квантового интернета".

Параметры орбиты спутника были выбраны так, чтобы спутник появлялся в одном и том же месте каждую ночь. Наземные станции отслеживали спутник и устанавливали с ним оптические линии связи для приёма одиночных запутанных фотонов. Спутник вели три оптических телескопа в Делинге, Лицзяне и Наньшане. Согласно существующим планам, Micius станет первым аппаратом в глобальной сети квантовой связи, которую в КНР намерены создать к 2030 г. Одна из задач его научной миссии — квантовая передача информации по защищённому от перехвата каналу связи между Пекином и Веной.

Сигнал от Micius шёл через атмосферу и был одновременно принят двумя наземными станциями. Если бы для связи использовалось оптоволокно длиной 1200 км для распределения пар запутанных фотонов на Земле, то из-за потери мощности сигнала с увеличением расстояния передавать удавалось бы только одну пару в секунду. Зато использование спутника позволяет преодолеть этот барьер, и, как утверждают китайские специалисты, скорость распределения фотонов удалось увеличить на 12 порядков по сравнению с прежними технологическими достижениями.

Как сообщает американский журнал Defense News, Пентагон вместе с оборонными исследовательскими организациями довольно успешно ведут разработку новейшей системы связи на базе квантовой телепортации, с помощью которой, как мы уже знаем, можно будет передавать по всему миру сообщения со скоростью более скорости света. Система связи сможет обеспечить полнейшую конфиденциальность данных. Определить местонахождение отправителя и получателя также будет невозможно.

Передающий аппарат будет похож на портативный компьютер или же на самый обычный мобильный телефон, и уже изготовлен опытный образец, способный обеспечивать передачу данных на расстояние не более 40 км. Говорят, что через десять лет расстояние для телепортации не будет иметь совершенно никаких пределов, а сама создаваемая сеть связи является лишь частью работы по созданию квантового компьютера, который одновременно сможет производить множество вычислений со скоростью, которая и не "снилась" компьютерам современным. Как водится, все подробности данной разработки строго засекречены.

Из всего сказанного выше следует, что о телепортации каких-либо крупных материальных объектов речь пока не идёт. А нет ли других путей к телепортации?

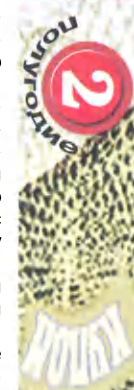
Ну что же, если не получается реализовать телепортацию, можно её себе вообразить, используя технологии виртуальной реальности. Желающие найдутся, и всё будет, как в песне: "Пока Земля ещё вертится (с этим трудно спорить), пока ещё ярок свет (собственно, можно и изображение сделать в 8K), Господи, дай же ты каждому (то есть каждому по потребностям), чего у него нет...".

Пару лет назад технический директор Facebook Майк Шрепфер объявил о планах компании к 2025 г. "фактически создать телепорт". Речь идёт об устройстве, которое позволит вам оказаться там, где вы хотите, с тем, с кем вы пожелаете, независимо от географических границ, — цитировал Business Insider его выступление перед открытием ежегодной технологической конференции Web Summit в Дублине. А в Сан-Франциско на конференции разработчиков Facebook F8 глава и владелец компании Марк Цукерберг также рассказал о создании станции телепортации. Пусть это и не телепортация в традиционном понимании, но Facebook собирается улучшить технологию виртуальной реальности, добавив некое подобие физической обратной связи, обманывая тем самым чувства человека и заставляя его думать, что он находится там, где его на самом деле фактически нет.

Сегодня многие компании видят в системах виртуальной реальности возможность предложить уникальные сервисы и получить новые источники прибыли, но подходы при этом у всех разные. Разработчики игр развивают идею полного погружения в игровой процесс, отдельные фирмы продвигают концептуально новые системы обучения в виртуальной реальности, а Google пытается создать эффект присутствия в любой точке на карте с помощью панорамного видео. Ну а анонсированный сервис Facebook ближе всего к последнему варианту.

При этом для достижения указанной выше цели необходимо решить три задачи, из-за нерешённости которых, собственно, вся создаваемая в мире виртуальная реальность воспринимает-





ся пока что как "подделка". Разумеется, для этого будут проведены дальнейшие усовершенствования шлема виртуальной реальности Oculus, производителя которого Facebook приобрела летом 2014 г. за 2 млрд долларов США.

Помимо этого, прежде всего необходимо дать возможность пользователю видеть себя в виртуальной реальности, к примеру, трогая что-то руками, он должен как минимум видеть эти руки. Во второй половине прошлого года Facebook планировала выпустить контроллеры Oculus Touch, которые смогли бы отслеживать движения рук пользователя и позволить ему взаимодействовать с другими объектами виртуального мира. Кроме того, Oculus тестирует взаимодействие датчика давления с камерой, чтобы снять данные о выражении лица. В результате аватар пользователя в виртуальной реальности будет изображать те же эмоции, которые он проявляет в реальном мире.

Следующей задачей является точная имитация окружающего пользователя пространства. Для решения этой задачи Oculus приобрёл в мае 2015 г. компанию Surreal Vision, которая занимается технологиями компьютерного зрения. Перед специалистами была поставлена цель смоделировать окружающий мир и встроить эту картинку в виртуальную реальность в реальном времени. Эта технология пока находится на ранних этапах, и, по словам Шрепфера, уже открываются огромные возможности.

Ещё одной проблемой, которую надлежит устранить, является создание пользователями собственных виртуальных миров. Для этого в комплекте с контроллерами Touch будет поставляться программа Medium, которая позволит пользователям проектировать трёхмерные объекты.

Футуристическое название "станция телепортации" было выбрано для технологии виртуальной реальности, разработанной совместно с Oculus VR. Она проходит апробацию на территории исследовательского центра компании. Созданная в Facebook станция телепортации создаёт эффект перемещения в другое место, транслируя круговую панораму (360°). Причём человек может не только оглядеться по сторонам, но и посмотреть в небо или себе под ноги. Правда, если небо уже выглядит исключительно реалистично, то внизу пока отображаются не ноги. Во время конференции для демонстрации новой технологии всех желающих "переместили" из конференц-зала в Сан-Франциско в штаб-квартиру компании, расположенную в Менло-Парк (округ Сан-Матео штата Калифорния). "Оглядываясь вокруг, я мог пройти через центральный двор в кампусе Facebook и увидеть, как одни инженеры и разработчики целеустремлённо ходят от здания к зданию, в то время как другие потягивают кофе в тени зонтиков", — описывал свои ощущения журналист издания Slashgear, испытавший прототип "станции телепортации" на конференции. По его словам, панорама впервые стала отображаться очень натурально и гладко, без рывков, эффекта дрожания и геометрических искажений. После "перемещения" визуально всё выглядит максимально реалистично. Однако очарование проходит при попытке дотронуться до любого предмета. В текущей версии "станция телепортации" не позволяет взаимодействовать с виртуальными предметами, хотя, например, уже существуют другие разработки с соответствующими решениями в виде перчаток и бесконечной всенаправленной беговой дорожки для систем виртуальной реальности.

Достигается "телепортация" за счёт использования модифицированного шлема Oculus Rift с двадцатью четырьмя камерами, а также многочисленными датчиками на базе микроэлектромеханических систем (MEMS), определяющих положение головы пользователя, текущую скорость и направление её перемещения в пространстве. На самом деле здесь нет каких-то уникальных ноу-хау и всё дело в исключительной точности работы системы и высочайшем уровне детализации. Именно они создают эффект перемещения в другое место, ощущаемый как телепортация.

Ожидается, что пока основной областью применения "станции телепортации" станут трансляции панорамного видео со спортивных и телешоу, выполнение трюков от первого лица, а также видовые зарисовки самых красивых мест планеты, которые вряд ли большинство из нас сможет посетить лично. В Facebook готовы представить версию 3D-панорам в своей социальной сети. Посмотреть их можно будет с помощью шлема Oculus Rift или Samsung Gear и специализированного приложения.

Конечной целью Facebook будет появление демократичной информационной сферы, в которой люди из любого уголка мира смогут виртуально перемещаться в любое место и делать там, что им захочется. Можно будет встраивать окружающее человека пространство в виртуальную реальность и появление возможности манипулировать объектами, которых не существует на самом деле.

Например, и даже, прежде всего, в играх игроки больше не будут пассивными наблюдателями, они станут активными участниками процесса своего рода "телепортации" человека в игровое пространство.

Хотят ли игроки полностью погрузиться в виртуальную реальность? Ощущать всё то, что они переживают в игре, с помощью жилета с технологией передачи тактильных ощущений, держать в руках оружие и касаться предметов благодаря специальным VR-перчаткам? Зато система Ambiotherm, разработанная в Национальном университете Сингапура, позволит ощутить дуновение ветра благодаря двум вентиляторам и изменение температуры за счёт модуля, расположенного на затылке.

Согласно последним данным, компания Valve занимается разработкой трёх игр для виртуальной реальности, и потенциальные возможности данного формата её воодушевляют. Что же касается расширения игрового пространства виртуальной реальности от игровой комнаты до целого дома, то это одна из идей вроде летающих машин и домашних роботов. Для их реализации требуются новые технологии.

Конечно, до всего заявленного выше предстоит ещё много работы. Она идёт везде, в том числе и в нашей стране. К примеру, в технополисе "Москва" внедряются уникальные технологии по производству всевозможных устройств, которые также создадут альтернативу телепортации. В частности, путём соединения устройств для 3D-печати с 3D-сканированием создан полноценный 3D-сканер. Теперь 3D-сканирование применяется при сооружении различных объектов, мостов, домов для чёткого понимания, как именно объект должен быть построен.

3D-копии человеческой фигуры можно сделать за 30 с, и за это время объект должен стоять неподвижно, пока вокруг него вращаются сенсоры глубины и цветные камеры. Сенсоры глубины измеряют геометрию, камера — цвет объекта. За полминуты устройства делают около 4000 фотографий, ещё минуту занимает реконструкция модели, показывающая объект в мельчайших деталях. Сперва выстраивается геометрия из облака точек, затем накладывается цветовая информация — текстура, и всё это вы можете увидеть на экране на своей 3D-модели. Она может быть отправлена в другие миры или же просто в магазин одежды. Уже существуют цифровые примерочные, когда вы приходите в торговый центр, заходите в сканер, система снимает с вашего тела почти 200 параметров, которые сопоставляются с размерной линейкой производителя одежды. Через пару минут у вас в телефоне список вещей, которые точно подходят по вашим размерам, и вы можете их выбирать и покупать.

Но ещё более захватывающие перспективы, конечно же, откроются благодаря интернациональной армии разработчиков в предоставлении возможности виртуально перемещаться в любое место и делать там, что захочется. Сколько недовольных собой, другими или миром вокруг смогут, наконец-таки, отправиться туда, где им будет хорошо. Или самим создать мир, в котором им будет сытно и комфортно. И очень может быть, что далеко не все захотят оттуда возвращаться, что может стать серьёзной проблемой будущего человечества, предвидеть коекакие аспекты которого можно уже сегодня. Взять хотя бы скандальный факт из жизни одного из самых продвинутых и цифровизированных обществ на планете — японского, где уже половина граждан остаётся девственниками к 30 годам жизни из-за легкодоступной различной продукции виртуального разврата, не считая уже выходящих на рынок соответствующих роботов-андроидов. В Китае игровых наркоманов, которым для игровой зависимости хватило даже невиртуальной реальности, уже лечат в спецзаведениях.

Зато скольким честолюбцам можно дать что-то возвышенное, скольким оппозиционерам можно дать возможность "порулить", скольких политиков можно окунуть в разные грани их поли-

тики, скольким жадинам можно дать возможность подгрести под себя материальные ценности, скольких маньяков лишится реальная жизнь на радость гражданам и полиции, скольким одиноким сердцам можно будет подобрать подходящую половинку.

Только кто их будет кормить у нас здесь, пока они будут там?

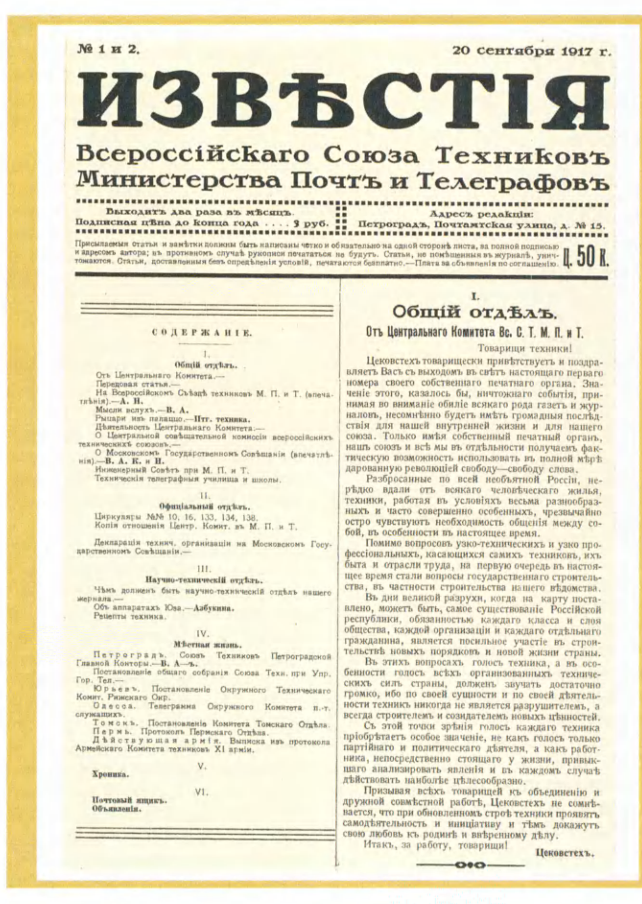
Господи, дай же ты всем понемногу...
И не забудь про меня.

*По материалам **BBC.com, Gridder.ru, Facebook.com, computerra.ru, habrahabr.ru, fb.ru, portalinweb.com, iq.intel.ru, chudesamag.ru, Франсуа Вийона, Булата Окуджавы.***

ЖУРНАЛУ ВЕСТНИК СВЯЗИ 100 лет!

Ежемесячный научно-технический журнал

Согласно материалам фондов Научно-технической библиотеки Центрального музея связи имени А. С. Попова, первый номер (сдвоенный, № 1—2) периодического издания "Известия Всероссийского союза техников министерства почт и телеграфов" вышел 20 сентября 1917 г. Журнал издавался Всероссийским союзом техников почт и телеграфов и выходил два раза в месяц. Тем самым огромная армия отраслевых техников и инженеров, монтёров и учёных, студентов и руководителей получила площадку для обмена мнениями и пополнения знаний по крайней мере на сто лет вперёд.



№ 1 и 2. 20 сентября 1917 г.

ИЗВѢСТІЯ

Всероссійскаго Союза Техниковъ Министерства Почтъ и Телеграфовъ

Выходитъ два раза въ мѣсяцъ.
Подписная цѣна до конца года .... 3 руб.

Адресъ редакціи:
Петроградъ, Почтамтская улица, д. № 15.

Присылаемыя статьи и замѣтки должны быть написаны четко и обязательно на одной сторонѣ листа, за полной подписью и адресомъ автора; въ противномъ случаѣ рукописи печататься не будутъ. Статьи, не помѣщенныя въ журналѣ, уничтожаются. Статьи, доставленныя безъ опредѣленія условій, печатаются безплатно.—Плата за объявленія по соглашенію. Ц. 50 к.

СОДЕРЖАНІЕ.

I.

Общій отдѣлъ.

Отъ Центральнаго Комитета Вс. С. Т. М. П. и Т.

Товарищи техники!

Цековстехъ товарищески привѣтствуетъ и поздравляетъ Васъ съ выходомъ въ свѣтъ настоящаго перваго номера своего собственнаго печатнаго органа. Значеніе этого, казалось бы, ничтожнаго событія, принимая во вниманіе обиліе всякаго рода газетъ и журналовъ, несомнѣнно будетъ имѣть громадныя послѣдствія для нашей внутренней жизни и для нашего союза. Только имѣя собственный печатный органъ, нашъ союзъ и всѣ мы въ отдѣльности получаемъ фактическую возможность использовать въ полной мѣрѣ дарованную революціей свободу—свободу слова.

Разбросанные по всей необъятной Россіи, нерѣдко вдали отъ всякаго человѣческаго жилья, техники, работая въ условіяхъ весьма разнообразныхъ и часто совершенно особенныхъ, чрезвычайно остро чувствуютъ необходимость общенія между собой, въ особенности въ настоящее время.

Помимо вопросовъ узко-техническихъ и узко профессіональныхъ, касающихся самихъ техниковъ, ихъ быта и отрасли труда, на первую очередь въ настоящее время стали вопросы государственнаго строительства, въ частности строительства нашего вѣдомства.

Въ дни великой разрухи, когда на карту поставлено, можетъ быть, самое существованіе Россійской республики, обязанностью каждаго класса и слоя общества, каждой организаціи и каждаго отдѣльнаго гражданина, является посильное участіе въ строительствѣ новыхъ порядковъ и новой жизни страны.

Въ этихъ вопросахъ голосъ техника, а въ особенности голосъ всѣхъ организованныхъ техническихъ силъ страны, долженъ звучать достаточно громко, ибо по своей сущности и по своей дѣятельности техникъ никогда не является разрушителемъ, а всегда строителемъ и созидателемъ новыхъ цѣнностей.

Съ этой точки зрѣнія голосъ каждаго техника пріобрѣтаетъ особое значеніе, не какъ голосъ только партійнаго и политическаго дѣятеля, а какъ работника, непосредственно стоящаго у жизни, привыкшаго анализировать явленія и въ каждомъ случаѣ дѣйствовать наиболѣе цѣлесообразно.

Призывая всѣхъ товарищей къ объединенію и дружной совмѣстной работѣ, Цековстехъ не сомнѣвается, что при обновленномъ строѣ техники проявятъ самодѣятельность и иниціативу и тѣмъ докажутъ свою любовь къ родинѣ и ввѣренному дѣлу.

Итакъ, за работу, товарищи!

Цековстехъ.

В апреле 1919 г. издание было преобразовано в журнал "Техника Народной связи", который издавался Народным Комиссариатом Почт и Телеграфов и технической секцией Всероссийского Союза рабочих и служащих народной связи.

В августе 1921 г. журнал "Техника Народной связи" переименован в журнал "Техника связи", посвящённый технике и организации почты, телеграфа, телефона и радио. В 1924 г. в него влился журнал "Жизнь связи", и в результате получилось издание "Жизнь и техника связи", первый номер которого вышел в апреле 1924 г. В 1930 г. журнал был разделён на два издания: "Техника связи" и "Хозяйство связи", и в январе вышел первый номер журнала "Техника связи", органа Народного комиссариата связи СССР. Последний номер журнала вышел в декабре 1938 г., после чего журнал был реорганизован в журнал "Мастер связи". В декабре 1940 г. вышел последний номер этого издания, а вместо него создан журнал "Вестник связи", существующий и поныне.

С "Вестником связи" страна прошла войну, восстановление и укрепление народного хозяйства, освоение космического пространства, многократную смену технологий и лихие 90-е, а потом с рекордным охватом вошла в мир мобильной связи и Интернета, пережив вместе с отраслью смену парадигмы её построения.

Редакция журнала "Радио" сердечно поздравляет своих коллег по цеху из "Вестника связи" и желает им в следующем столетии своего существования также высоко нести знамя отраслевых знаний, поднятое Всероссийским союзом техников почт и телеграфов 20 сентября 1917 г.!

Двухканальный предусилитель для микрофонов с фантомным питанием

К. ФИЛАТОВ, г. Таганрог

В статье предложена конструкция двухканального микрофонного предусилителя, предназначенного для двух конденсаторных микрофонов, которые работают с источником напряжения поляризации. Устройство выполнено на малошумящих микросхемах в отдельном небольшом корпусе с выносным блоком питания.

Микрофоны широко используются для записи речи, музыки, различных шумов и звуковых эффектов, а также акустических измерений в любительской практике. В настоящее время в основном применимы два типа микрофонов: электродинамические и электростатические (конденсаторные), как с внешней поляризацией, так и электретные.

Микрофоны характеризуются большим числом электроакустических параметров, основными из которых являются *чувствительность* и её зависимость как от частоты (частотная характеристика чувствительности — ЧХЧ), так и от угла падения звуковой волны (характеристика направленности — ХН) [1]. Важное значение, особенно для цифровых систем звукопередачи, имеют динамический диапазон микрофона и полный коэффициент гармонических искажений. Методы и условия измерения параметров и характеристик микрофонов изложены в отечественных стандартах и международных документах [1—3].

Чувствительность электродинамических и конденсаторных микрофонов различается более чем на порядок. Так, чувствительность электродинамических микрофонов составляет 1...2 мВ/Па, а конденсаторных — 10...50 мВ/Па [4]. Звуковому давлению в 1 Па (1 Н/м^2) соответствует уровень звукового давления 94 дБ. Это относительно большое значение: например, громкое пение на расстоянии 1 м оценивается уровнем 88 дБ, что соответствует звуковому давлению 0,5 Па. Даже для громкого пения выходное напряжение обычного динамического микрофона не превышает 1 мВ, а для конденсаторного — 5...25 мВ (в зависимости от размера мембраны).

Ввиду малого уровня сигналов отношение сигнал/помеха недостаточно велико для непосредственного подключения микрофона к цифровому рекордеру или персональному компьютеру (ПК) при записи. Помехи обусловлены как наводками с частотой сети и её гармониками, так и цифровым шумом в цифровых устройствах обработки и звукозаписи сигналов.

В профессиональной звукотехнике для решения этой проблемы используют микрофонные предусилители (МПУ), увеличивающие сигналы микрофонов до единиц вольт и даже более. Существует много МПУ различных типов и моделей, выпускаемых известными фирмами. Также широко используют микшерные пульты с встроенными микрофонными усилителями и многоканальные компьютерные интерфейсы, которые обеспечивают необходимое усиление сигналов микрофонов, их обработку и преобразование в цифровую форму.

Для рядового пользователя проявляется основной недостаток таких устройств — их высокая стоимость, доходящая до нескольких десятков тысяч рублей. Чтобы начать работать со звуком, близким по качеству профессиональным записям, достаточно всего двух микрофонов с хорошими параметрами и двухканального аналогового МПУ, который можно подключить к аналоговым входам звуковой карты ПК. Современные звуковые карты ПК обеспечивают с линейных входов весьма высокие параметры цифрового преобразования: частоты дискретизации 44,1/48/96/192 кГц и число разрядов — 16/20/24. Вопросы же о студии и технологии записи — это тема другой статьи.

Существует ещё одна проблема, связанная с питанием профессиональных конденсаторных микрофонов, — им необходимо фантомное питание напряжением +48 В, которое подаётся по двум сигнальным проводам балансного выхода микрофона, так называемый стандарт P48 [2, 3, 5]. В соответствии с этим стандартом напряжение +48 В от источника питания, расположенного в микрофонном предусилителе, поступает через резисторы 6,81 кОм на контакты 2 и 3 микрофонного разъёма XLR. Внутри МПУ находится дифференциальный усилитель, на который подаются сигналы с контактов 2 и 3. Внешние наводки, как правило, являются синфазными и поэтому в значительной степени подавляются (вычитаются) в этом каскаде.

Для успешной работы балансной схемы она должна быть симметричной: выходные сопротивления микрофона относительно контактов 2 и 3 его разъёма должны быть одинаковы с высокой точностью (разброс не более ±1 %). Это же относится к входным сопротивлениям микрофонного усилителя. Кроме того, пульсации фантомного напряжения питания не должны превышать 0,0001 % (48 мкВ)!

В статье представлен проект двухканального МПУ, удовлетворяющего вышеуказанным требованиям, а также

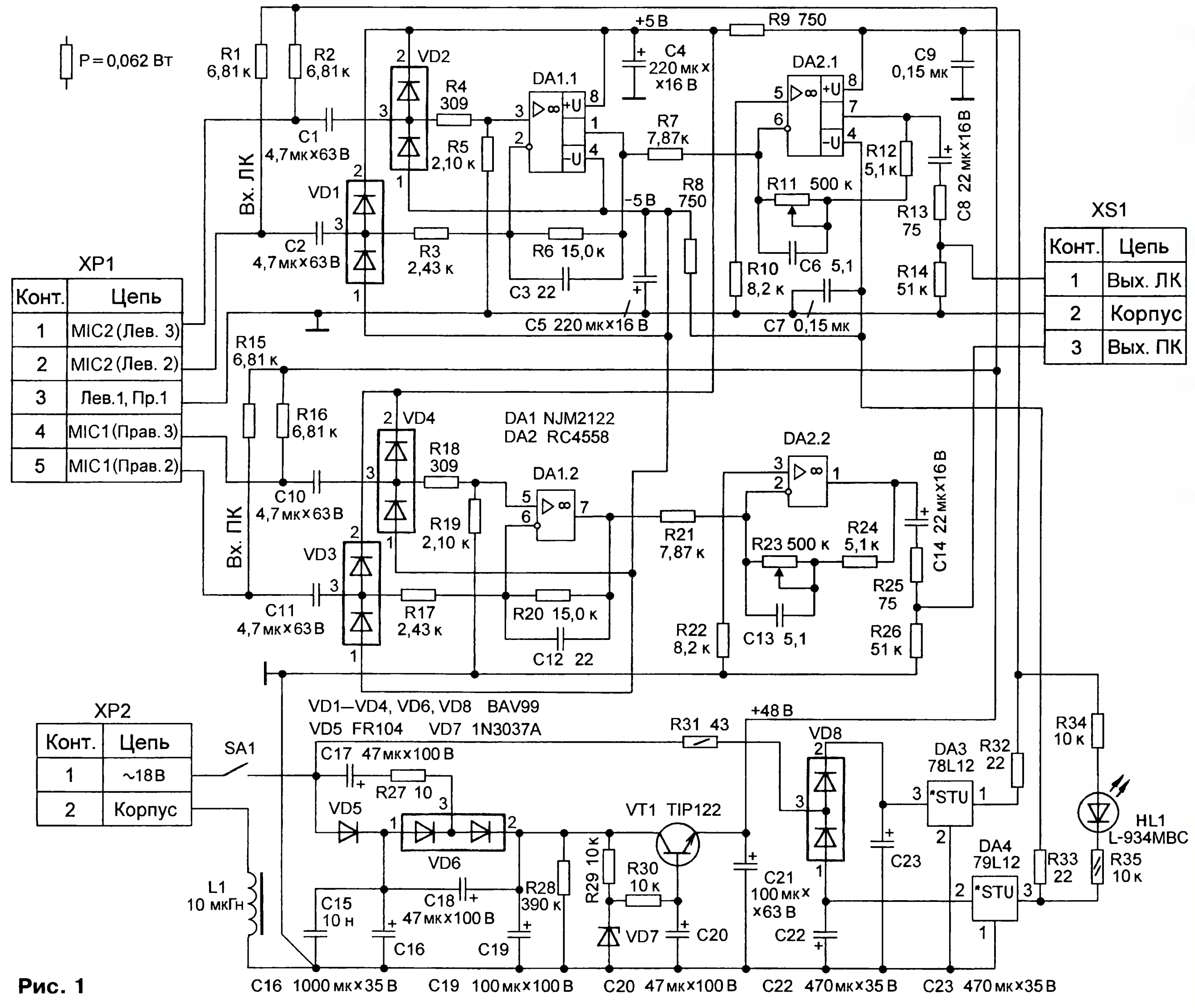


Рис. 1

простого в технической реализации. Предлагаемый усилитель имеет следующие особенности:

- два канала усиления с независимой регулировкой коэффициентов усиления;
- симметричные микрофонные входы с разъёмами XLR, несимметричные выходы с разъёмами RCA;
- внешний блок сетевого питания, уменьшающий влияние наводок;
- светодиодная индикация включения МПУ и подачи фантомного питания;
- сверхмалошумящая интегральная микросхема на входе, обеспечивающая широкий динамический диапазон и малые искажения;
- полипропиленовые конденсаторы на входе МПУ, сохраняющие чистоту и натуральность звука;
- малые размеры и масса конструкции.

Многоканальные МПУ, используемые в профессиональной сфере, часто имеют в каждом микрофонном канале переключатель фазы сигнала (0/180°), фильтр верхних частот (иногда с регулируемой частотой среза 40...150 Гц), компрессор (экспандер), а также измерители уровня сигналов микрофонов.

Предлагаемый усилитель предназначен для совместной работы с ПК и звуковым редактором, в котором легко реализуются эти дополнительные функции в процессе записи и обработки фонограмм.

Основные параметры макета МПУ, измеренные в соответствии с [6], перечислены ниже. При измерении параметров использованы измерительный генератор Г3-118, цифровой милливольтметр В3-38В и анализатор спектра звукового редактора Adobe Audition.

Основные технические характеристики

Применимые типы микрофонов . . . . .динамический/конденсаторный

Коэффициент усиления (регулируемый), дБ . . . . .12...52

Входное сопротивление, кОм 1,77

Эквивалентный уровень входного шума (усиление 52 дБ, фильтр МЭК-А), дБВ . . .−125

Полный коэффициент гармонических искажений (усиление 12 дБ, частота 1 кГц, входное напряжение 500 мВ), % 0,017

Полный коэффициент гармонических искажений (усиление 52 дБ, частота 1 кГц, входное напряжение 15 мВ), % 0,008

Граничные частоты полосы пропускания (на уровне −3 дБ), кГц:
- Мин. усиление (12 дБ) . . . . .0,015...220
- Макс. усиление (52 дБ) . . . . .0,015...40

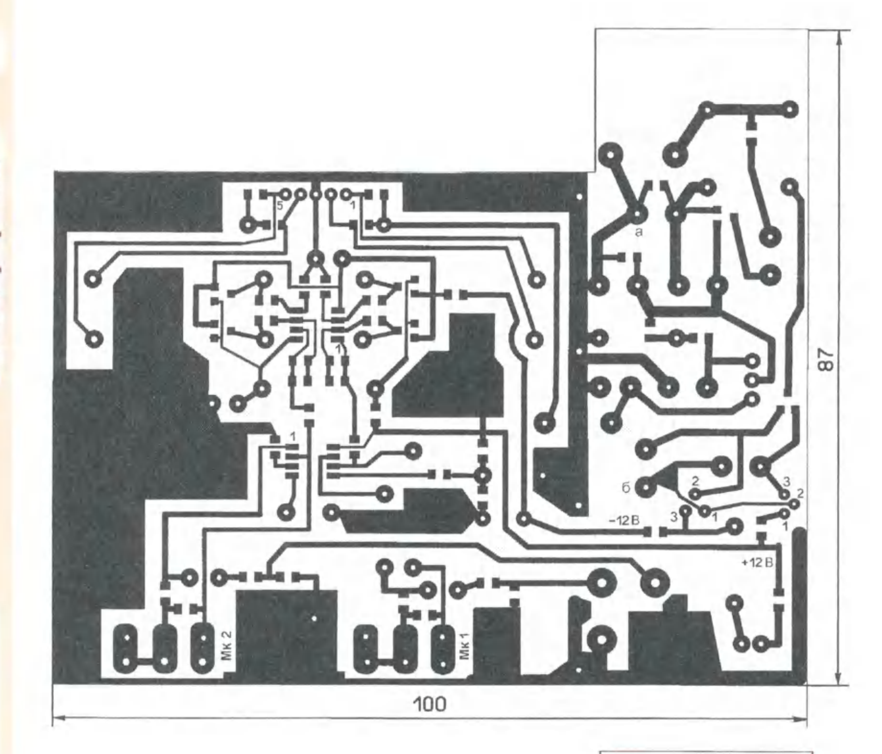
Напряжение фантомного питания (IEC1938), В . . . . .48±2

Выходное сопротивление, Ом 75

Сопротивление нагрузки, не менее, кОм 5

Питающее напряжение 50/60 Гц, В 18

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru



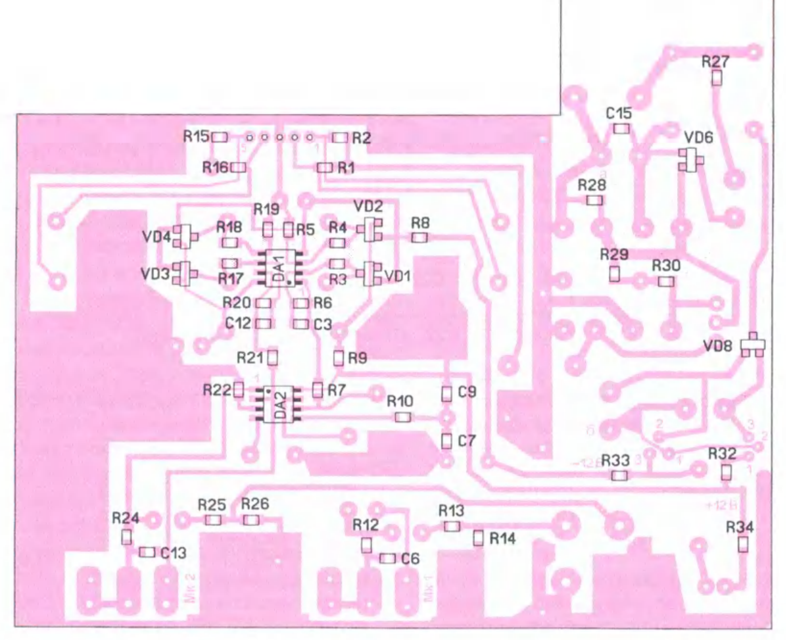


Рис. 2

Потребляемый ток, мА, не более 70
Размеры корпуса, мм ......122×46×90

Одним из основных параметров МПУ является эквивалентный уровень входного шума — EIN. Для сравнения были измерены значения этого параметра для каждого из четырёх каналов микрофонного интерфейса TASCAM US-600. Среднее значение параметра оказалось на 5 дБ выше, чем у предлагаемого устройства. Поэтому именно этот МПУ используется в ООО "САУНД" с 2012 г. для измерения параметров студийных микрофонов [7] в безэховой камере.

Принципиальная схема МПУ приведена на **рис. 1**. Устройство содержит два микрофонных канала и узел питания с выходами напряжения фантомного питания +48 В и напряжений +/−12 В для питания операционных усилителей.

Рассмотрим построение канала для левого микрофона (верхнего по схеме); канал для правого микрофона устроен аналогично. Входной сигнал от микрофона с контактов 3 и 2 разъёма XLR через контакты 1 и 2 соединителя XP1 и разделительные конденсаторы C1, C2 поступает на входы дифференциального усилителя, выполненного на одном из операционных усилителей (ОУ) микросхемы DA1. Микросхема DA1 содержит два малошумящих ОУ, выполненных по биполярной технологии. Спектральная плотность шума на частоте 1 кГц не превышает 1,5 нВ/√Гц [8].

Через резисторы R1, R2 на контакты микрофона поступает напряжение +48 В фантомного питания. Диодные сборки VD1, VD2 являются ограничителями и защищают операционный усилитель от превышения напряжения. Резисторы R3—R6 обеспечивают одинаковые коэффициенты усиления (K_1 = 6,17) и одинаковые входные сопротивления ($R_{вх}$ = 2,43 кОм) по обоим входам дифференциального усилителя. Конденсатор C3 обеспечивает устойчивость дифференциального усилителя на ультразвуковых частотах.

Микросхема DA1 применена в корпусе DMP-8, для которого напряжение питания не должно превышать +/−7 В [8]. Так как питание ОУ устройства осуществляется от источника +/−12 В, для снижения напряжения питания микросхемы DA1 использованы резисторы R8, R9, которые с конденсаторами C4, C5 образуют дополнительные фильтры по цепи питания.

Усиленный микросхемой DA1 сигнал поступает на второй каскад усиления, выполненный на ОУ DA2 по схеме инвертирующего усилителя. Коэффициент усиления изменяется резистором R11 в пределах K_2 = 0,65...65; таким образом, результирующий коэффициент усиления составляет 4...400 (12...52 дБ). Конденсатор C6 ограничивает сверху полосу усиливаемых сигналов и тем самым уменьшает напряжение шумов, конденсаторы C7, C9 — блокировочные по цепи питания DA2. С вывода 7 микросхемы DA2 сигнал поступает на контакт 1 розетки XS1 (соединитель RCA) через цепь R13, C8, R14.

Узел питания формирует три напряжения: +/−12 В и +48 В из переменного напряжения 18 В частотой 50 Гц, поступающего через контакты 1, 2 разъёма XP2 с внешнего адаптера сетевого питания (с понижающим трансформатором 230/18 В). Вынесение высоковольтного источника переменного напряжения с целью уменьшения наводок часто используется даже в весьма дорогих и престижных моделях многоканальных МПУ, например Focusrite Platinum OctoPre.

Напряжение фантомного питания +48 В формируется с помощью умножителя, выполненного на диоде VD5, диодной сборке VD6 и конденсаторах C15—C19, а также параметрического стабилизатора напряжения на элементах R29, R30, VD7 и транзисторе VT1. Резистор R27 ограничивает ток через диоды VD6, резистор R28 служит для разрядки вышеупомянутых конденсаторов после выключения устройства. Конденсаторы C20, C21 уменьшают пульсации напряжения фантомного питания до приемлемого значения.

Напряжения +/−12 В формируются с помощью однополупериодных выпрямителей на диодной сборке VD8 и конденсаторов C22, C23, а также стабилизаторов напряжений на микросхемах

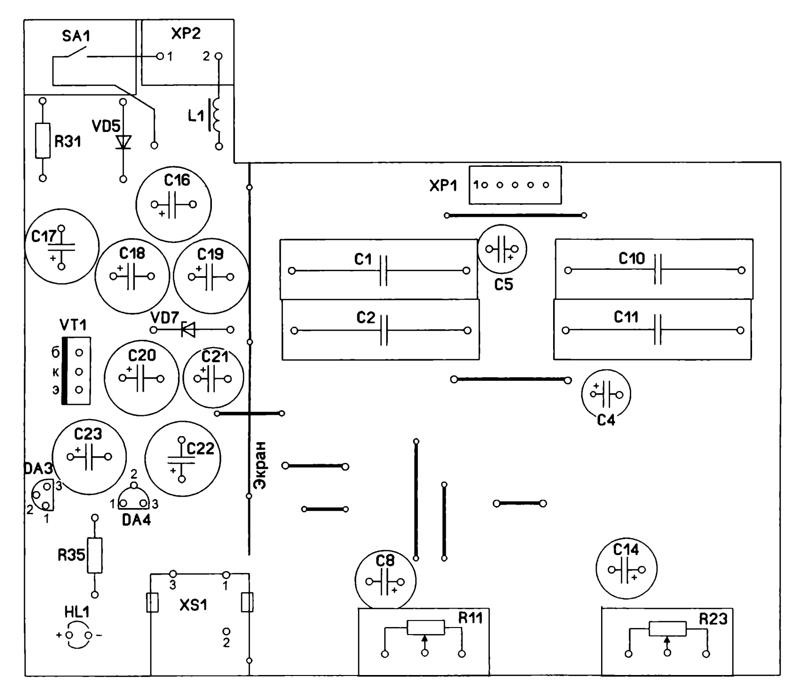


Рис. 3

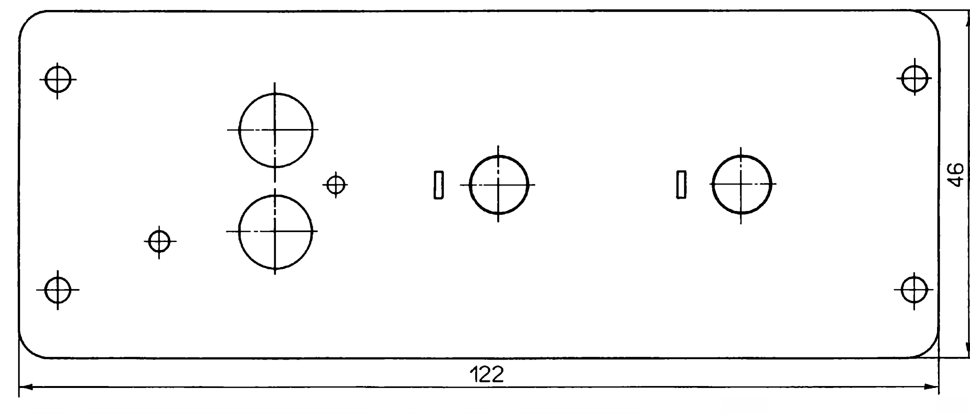


Рис. 4



Рис. 5



Рис. 6

DA3, DA4. Светодиод HL1 выполняет функцию индикатора включения МПУ.

Конструкция и детали. МПУ собран на печатной плате, изготовленной из односторонне фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм, размерами 100×87 мм. На **рис. 2**, **рис. 3** показаны чертежи печатной платы МПУ и расположение элементов монтажа и электростатического экрана.

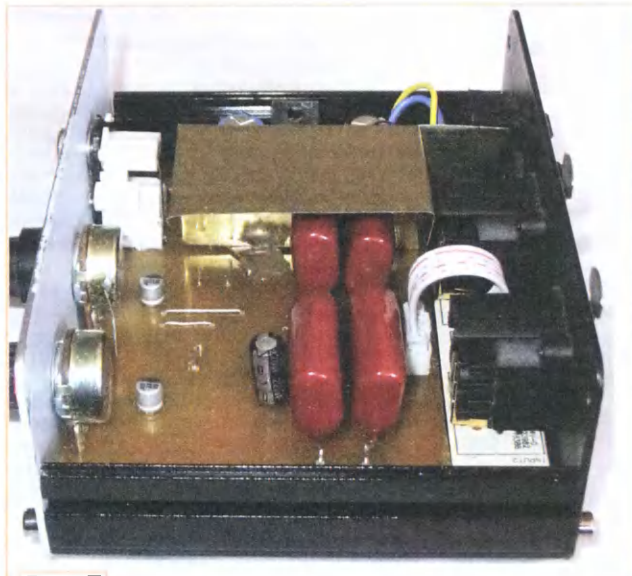
Уровень сетевых наводок зависит от разводки общего проводника платы, поэтому изменять заданную конфигурацию печатных проводников нельзя. Площадки **а** и **б** печатной платы нужно соединить изолированным медным проводом сечением не менее 1 мм^2.

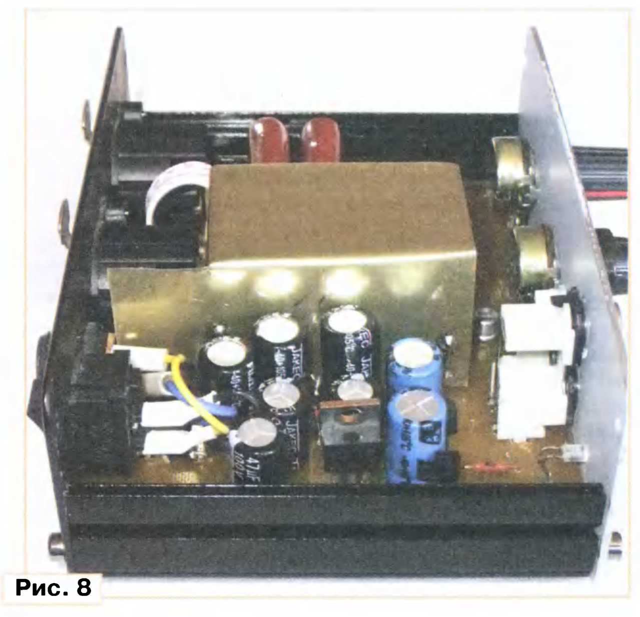
Переменные резисторы R11, R23 и разъём XS1 впаивают выводами в печатную плату, которую затем закрепляют на передней панели размерами 122×46 мм (**рис. 4**) с помощью гаек переменных резисторов. На задней панели таких же размеров установлены два микрофонных гнезда XLR, разъём XP2 для подачи переменного напряжения 18 В и выключатель SA1 МПУ.

Передняя и задняя панели соединены вместе с помощью двух дюралюминиевых крышек (верхней и нижней) и восьми винтов М3, ввёрнутых в торцы этих крышек. На **рис. 5**—**рис. 8** приведены фото внешнего и внутреннего видов, поясняющие конструкцию предусилителя в сборе. Проводники от контактов 1—3 микрофонных разъёмов XLR (не показанных на принципиальной схеме) левого и правого каналов припаивают к пятиконтактной розетке, соединяемой с разъёмом XP1 на печатной плате. Для минимизации внешних наводок корпус нужно соединить с общим проводом МПУ.

В конструкции использованы элементы для поверхностного монтажа типоразмера 0805. Конденсаторы C1, C2, C10, C11 — плёночные полипропиленовые, так как в качестве входных конденсаторов МПУ не рекомендуется применять конденсаторы с оксидным и керамическим диэлектриком. Оксидные конденсаторы — К50-35 или импортные, блокировочные конденсаторы — керамические для поверхностного монтажа.

Некоторые трудности может представить приобретение прецизионных (±1 %) резисторов R1—R7, R15—R21. Такие точные резисторы можно составить из двух сложенных и спаянных вместе резисторов (с номиналами из ряда E24) для поверхностного монтажа. Обозначим значение точного номинала резистора через $R_т$, а через R — имеющийся номинал ближайшего, но большего значения, и через $R_п$ — подключаемый параллельно для корректировки сопротивления. Значение параллельно


Рис. 7


Рис. 8

подключаемого (корректирующего) резистора рассчитывают по формуле

$R_п = R_т/(1 - R_т/R)$.

Для примера рассмотрим получение сопротивления резистора с точным номиналом $R_т$ = 7,87 кОм. Выбираем ближайший имеющийся номинал с допуском ±5 %, например, R = 8,2 кОм. По формуле рассчитываем номинал параллельного (корректирующего) резистора

$R_п$ = 7,87/(1 – 7,87/8,2) = 195,6 кОм.

Выбираем ближайший номинал 200 кОм резистора с допуском ±5 %. Параллельное соединение резисторов сопротивлением 8,2 кОм и 200 кОм даёт значение 7,877 кОм, что отличается от требуемого 7,87 кОм всего на 0,09 %.

Микросхема RC4558 может быть заменена её аналогом RM4558 в корпусе SOIC, а транзистор VT1 — составным транзистором с предельным напряжением $U_{КБ\,max}$ не менее 80 В.

Налаживание МПУ. Устройство, собранное из исправных элементов, как правило, работает без налаживания. Тем не менее первые включения нужно производить без подключения микрофонов. Испытания следует начать с узла питания.

Для оценки правильности сборки и работы этого узла можно сравнить значения постоянных напряжений и напряжений пульсаций, приведённые в **таблице**; они измерены в различных точках узла при напряжении 18,8 В от трансформатора адаптера питания. Напряжения постоянного и переменного тока измерены соответственно цифровыми мультиметром BP-11 и милливольтметром В3-38В.

Числовые значения напряжений, приведённые в таблице, измерены при двух подключённых студийных конденсаторных микрофонах с фантомным питанием. Поэтому, если измерения при первом включении показали соответствие постоянных напряжений табличным значениям (с возможным отклонением не более ±5 %), измерение пульсаций следует повторить уже при подключённых конденсаторных микрофонах.

Элемент	C16	C19	VD7	C20	C21	C22	C7	C23	C9
U_0, В	+22,9	+66	+50,3	+48,7	+47,4	-20,7	-11,6	+20,1	11,8
Пульсации $V_{скз}$, мВ	70	240	2,2	0,004	0,005	173	0,3	164	0,25

Далее следует измерить постоянные напряжения на всех выходах ОУ. При безошибочном монтаже и исправных элементах эти напряжения должны быть около нуля (не более двух-трёх десятков милливольт).

Затем генератор ЗЧ нужно подключить через неполярный конденсатор 4,7 мкФ на 63 В к контактам 1, 3 разъёма XP1 и установить частоту 1000 Гц и напряжение 15 мВ. К контактам 1, 2 разъёма XS1 подключают милливольтметр и электронный осциллограф и измеряют коэффициенты усиления левого канала при максимальном и минимальном сопротивлении резистора R11, которые должны быть 400 и 4 соответственно. Измерения повторяют при подключении звукового генератора к контактам 2, 3 разъёма XP1. Результаты должны совпадать с предыдущими с погрешностью до ±1 %. Увеличивая напряжение генератора ЗЧ, измеряют размах выходного напряжения канала, при котором начинается ограничение сигнала. Размах должен быть не менее 20 В.

Аналогичные измерения повторяют для правого канала МПУ, используя контакты 4, 3 (5, 3) разъёма XP1 и контакты 3, 2 разъёма XS1. При желании можно измерить АЧХ каналов МПУ и коэффициент гармонических искажений на частоте 1000 Гц. Следует заметить, что при минимальном коэффициенте усиления любого из каналов напряжение на его входе не должно превышать 500 мВ ввиду ограниченного напряжения питания ОУ DA1.

Изготовленную и настроенную плату МПУ следует тщательно промыть спиртобензиновой смесью как со стороны корпусных деталей, так и со стороны элементов поверхностного монтажа.

Плату устанавливают в корпус, соединив проводами разъём XP1 с микрофонными разъёмами XLR, имеющими обозначения на корпусе MIC1 IN, MIC2 IN. В целях безопасности и минимизации сетевых наводок МПУ следует, по возможности, подключить к заземлению.

Окончательную проверку изготовленного МПУ проводят в процессе звукозаписи сигналов двух студийных микрофонов с фантомным питанием по стандарту P48 с использованием ПК. Оценивают субъективное качество звукозаписи, удобство работы, достаточность ручной регулировки коэффициентов усиления и уровень сетевых наводок и шумов.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ16123—88. Микрофоны. Методы измерений электроакустических параметров.

2. IEC 268-15/DIN45596: 1981-08. Sound system equipment. Part 15. Preferred matching values for the interconnection of sound system components.

3. IEC 61938: 2013-06-27. Multimedia systems — Guide to the recommended characteristics of analogue interfaces to achieve interoperability.

4. **Филатов К. В., Филатов А. К.** Частотные характеристики чувствительности популярных микрофонов конца XX века. — Таганрог, ТРТУ, 2003. (Деп. в ВИНИТИ № 1334-В2003).

5. **Chris Woolf**. Powering Microphones. Microphone Data. LTD. 2010.

6. ГОСТ 23849—79. Аппаратура радиоэлектронная бытовая. Методы электрических низкочастотных измерений.

7. Капсюли микрофонные конденсаторные измерительные M-101, MK-265, MK-233. — URL: **http:www.izmeri.ru/10.html** (18.04.17).

8. NJM2122M Datasheet. — URL: **www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/7268/NJRC/NJM2122M.html** (18.04.17).

РАДИО®

Простой драйвер для выходных каскадов УМЗЧ

А. СЫРИЦО, г. Москва

Автор предлагает несложные варианты схем драйвера как усилителя напряжения для выходного каскада УМЗЧ на транзисторах, включённых по схеме повторителя напряжения (усилителя тока). При относительно неглубокой общей ООС можно достичь малых нелинейных искажений во всей полосе звуковых частот. Сравнения усилителя с таким драйвером и некоторых более сложных усилителей мощности путём прослушивания различных музыкальных записей показали его с лучшей стороны.

Аналоговые УМЗЧ можно представлять состоящими из двух частей: выходного каскада (ВК) и драйвера (предварительного усилителя напряжения).

К наиболее распространённым ВК относятся каскады повторителей — эмиттерных или истоковых. Их характерной особенностью являются коэффициент передачи по напряжению, близкий к единице ($K_U \approx 1$), и выходное сопротивление ($R_{вых}$), значительно меньшее, чем сопротивление нагрузки ($R_н$) — громкоговоритель ($R_{вых} << R_н$). При этом выходное напряжение ($U_{вых}$), соответствующее заданным значениям выходной мощности ($P_{вых}$) и сопротивления нагрузки $R_н$, значительно превышает входное напряжение ($U_{вх}$) от источника сигнала. Поэтому основная функция драйвера — обеспечение необходимого усиления по напряжению и току. Если ограничиться рассмотрением драйверов только на дискретных элементах, то следует обратить внимание, что среди большого разнообразия (по схемотехнике и элементной базе) наилучшими параметрами обладают каскады с использованием двойного преобразования сигнала (**рис. 1**). В первом каскаде напряжение $U_{вх}$ от источника сигнала преобразуется в выходной ток. Такой преобразователь получил название ИТУН — источник тока, управляемый напряжением. Характеристики ИТУН являются определяющими для таких характеристик УМЗЧ, как коэффициент усиления по напряжению (K_U), амплитудно-частотная и фазово-частотная характеристики (АЧХ, ФЧХ), скорость нарастания выходного напряжения, коэффициенты нелинейных и интермодуляционных искажений. Основная характеристика ИТУН — крутизна преобразования: $S = I_{вых}/U_{вх}$.

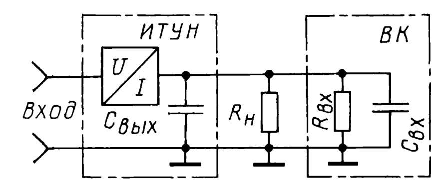


Рис. 1

Во втором каскаде ток преобразуется в напряжение. Наиболее простая реализация этого преобразования — нагрузка выхода ИТУН дополнительным резистором ($R_н$), сопротивление которого значительно меньше входного сопротивления ВК:

$$R_н << R_{вх\,ВК}. \quad (1)$$

При этом верхняя частота полосы воспроизведения будет определяться только ёмкостью нагрузки, равной сумме ёмкостей $C_{вых\,итун}$ и $C_{вх\,ВК}$. Обычно оптимизация схемы драйвера и выбор её элементной базы производятся с учётом реальных характеристик ВК и соотношения

$$C_{вых\,итун} << C_{вх\,ВК}. \quad (2)$$

При выполнении условий (1) и (2) коэффициент усиления по напряжению для такого драйвера определяется по формуле $K_U = S \cdot Z_н$, где $Z_н$ — импеданс нагрузки для ИТУН (параллельное соединение $R_н$ и $C_н = C_{вх\,ВК}$).

Наиболее полный анализ возможных схемотехнических решений драйверов на дискретных элементах для ВК УМЗЧ приведён в [1]. Они обладают высокими параметрами: малыми нелинейными искажениями и высокой верхней частотой полосы пропускания. Однако эти параметры достигают за счёт значительного усложнения схемотехники без учёта их связи с реальными характеристиками ВК УМЗЧ. Поэтому их совместное применение с ВК наиболее целесообразно только при использовании эффективных схемотехнических методов линеаризации ВК для УМЗЧ, например в [2], без использования общей ООС, а также при работе ВК в режиме А.

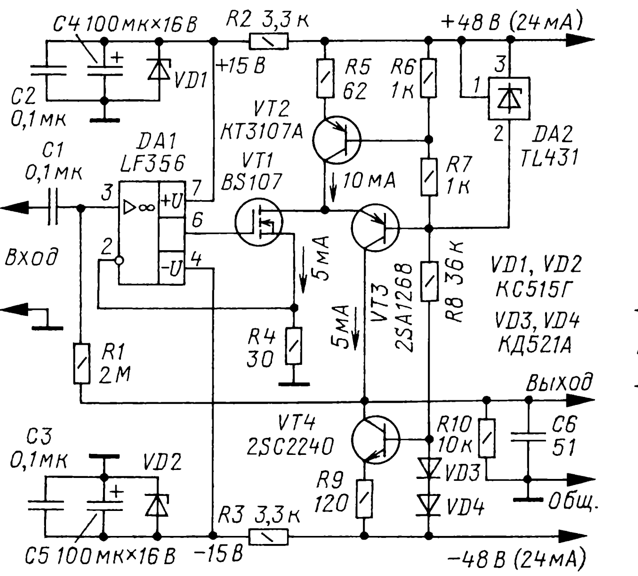


Рис. 2

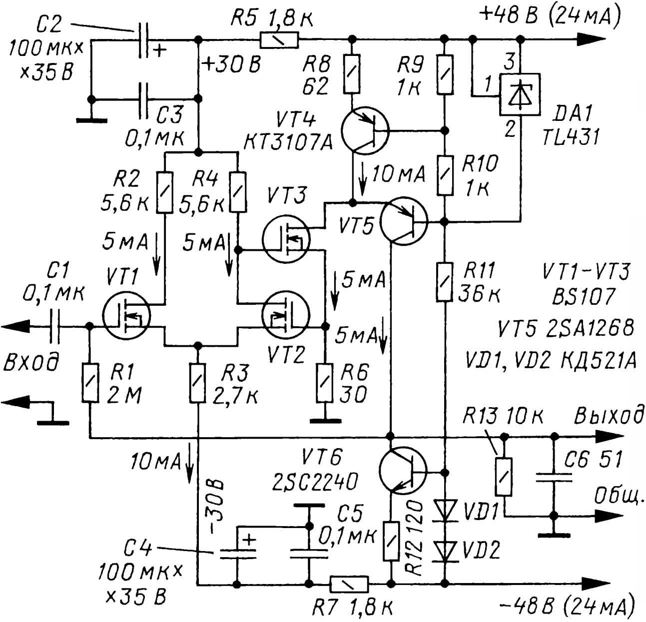


Рис. 3

По результатам экспериментов автора, в обычных ВК, выполненных по схемам эмиттерных или истоковых повторителей и работающих в режиме АВ, минимальная величина нелинейных

искажений при полной выходной мощности на частоте 20 кГц не бывает менее 0,5 %, что позволяет несколько снизить требования к величине нелинейных искажений драйвера и существенно его упростить.

На **рис. 2** приведён один из возможных вариантов схемы драйвера с инвертирующим выходом, где ИТУН, в данном случае это генератор стабильного тока (ГСТ), реализован по классической схеме [3] с использованием операционного усилителя DA1 и полевого транзистора VT1. Нелинейные искажения тока в этом каскаде определяются в основном характеристиками DA1, а крутизна преобразования зависит как от величины тока, протекающего через VT1, так и от сопротивления резистора R4. Изменения тока через VT1 с высокой точностью (малыми нелинейными искажениями) соответствуют изменениям напряжения входного сигнала: $I_1 = U_{вх}/R4$. Построение всего драйвера произведено с учётом его оптимизации по достижению минимальных нелинейных искажений. Это реализовано за счёт включения в сток VT1 ещё одного ГСТ на транзисторе VT2. Он выполняет роль распределителя токов между двумя ГСТ: одного — на VT1 и DA1, а другого — на транзисторе VT3, включённого по схеме с ОБ и нагруженного на ГСТ на транзисторе VT4. Такое включение всех ГСТ обеспечивает передачу тока от VT1 на выход с наименьшими нелинейными искажениями. Следует отметить, что возможная замена ГСТ на транзисторе VT2 на резистор соответствующего сопротивления приводит к увеличению нелинейных искажений выходного тока более чем в пять раз! Наилучшие результаты при этом достигаются при равенстве токов покоя (I_0) через транзисторы VT1 и VT3. Равенство токов через транзисторы обеспечивается выбором соответствующего режима работы ГСТ на VT4.

Так как выход драйвера является однотактным, то очевидно, что его максимально возможная амплитуда выходного напряжения определяется произведением: $U_{вых\,m} = I_0 \times R_н$, где I_0 — ток покоя выходного каскада; $R_н = R10$. Сопротивление резистора R10 выбрано равным 10 кОм, что обеспечивает достижение достаточно высоких параметров при использовании такого драйвера с большинством ВК УМЗЧ. В этом каскаде ток покоя выбран равным 5 мА и поэтому, с учётом запаса в 0,6 мА, $U_{вых\,m}$ = (5 – 0,6) мА ×10 кОм = = 44 В, что является вполне достаточным при совместном использовании с ВК для УМЗЧ с $P_{вых}$ = 100 Вт и $R_н$ = 8 Ом. Изменение $U_{вых\,m}$ можно производить путём соответствующего изменения напряжения источника питания. При расчёте следует учитывать, что амплитуда $U_{вых\,m}$ всегда меньше напряжения питания на 3...4 В.

Общая ООС по постоянному току (100 %) обеспечивает близкое к нулю постоянное напряжение на выходе и реализована включением резистора R1 между выходом драйвера и неинвертирующим входом DA1.

Особенность схемы на рис. 2 заключается в равенстве изменения токов через VT1 и VT3 под действием входного напряжения. Учитывая, что $I_1 = U_{вх}/R4$, а $I_3 = I_{вых} = U_{вых}/R10$, можно считать, что коэффициент усиления по напряжению для всего драйвера $K_U = R10/R4$, который может изменяться в широких пределах при сохранении постоянства величины нелинейных искажений и верхней частоты полосы пропускания.

В качестве источников питания для драйвера лучше использовать отдельные выпрямители или источники питания от ВК УМЗЧ с обязательным применением дополнительных фильтров.

Характеристики драйвера по схеме на рис. 2:

— граничные частоты пропускания по уровню –3 дБ: $F_{нч}$ — 0,8 Гц; $F_{вч}$ — 160 кГц (C6 = 100 пФ); $F_{вч}$ = 320 кГц (C6 = 50 пФ);

— коэффициент гармоник $K_г$ при $U_{вых\,m}$ = 44 В: для F = 1 кГц — 0,04 %; для F = 20 кГц — 0,3 % (C6 = 100 пФ);

— коэффициент усиления по напряжению K_U = 333.

После замены операционного усилителя LF356 на OPA134 величина $K_г$ на F = 20 кГц уменьшилась до 0,15 %.

Возможность устранения частотной зависимости нелинейных искажений проверялась автором во втором варианте схемы драйвера, с заменой DA1 на два полевых транзистора (**рис. 3**).

При этом все характеристики, кроме $K_г$, остались неизменными, а $K_г$ стал равен 0,2 % во всей рабочей полосе частот.

При совместном использовании драйвера по схеме рис. 3 с ВК, имеющим $K_г$ = 0,5 %, суммарный $K_г$ для всего УМЗЧ без применения общей ООС определяется в соответствии с формулой

$$K_г = \sqrt{K^2_{г\,д} + K^2_{г\,ВК}}.$$

В данном случае $K_г$ составит 0,54 %, что достаточно близко к $K_г$ для ВК, и с учётом достаточного запаса по K_U создаёт возможность для использования общей ООС необходимой глубины с запасом по устойчивости. При необходимости увеличения верхней частоты полосы пропускания (без возможности уменьшения входной ёмкости ВК) следует соответственно уменьшить сопротивление резистора R10. При этом очевидно, что потребуются соответствующее увеличение токов покоя через транзисторы и изменения в элементной базе.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Петров А.** Анализ драйверов для УМЗЧ без общей ООС. — Радио, 2012, № 7, с. 11—14; № 8, с. 12—15.

2. Универсальный УМЗЧ со стабилизацией режима. — URL: **http:\forum.vegalab.ru\showtherad.php?t=77129&page=2** (05.05.17).

3. **Гутников В.** Интегральная электроника в измерительных устройствах. — М.: Энергия, 1980, с. 69.

Вниманию читателей предлагается конструкция компактного радиомикрофона с цифровым управлением частотой передачи, памятью её значений, регулировкой усиления звука и передачей RDS.

Основные технические характеристики

Ток, потребляемый от элемента питания, мА, не более:
- в рабочем режиме при напряжении 1,55 В 90
- в рабочем режиме при напряжении 0,9 В 160
- в выключенном состоянии . . .0,075

Диапазон перестройки, МГц .76...108
Число запоминаемых частот 30
Выходная мощность, мВт 10
Дальность действия по прямой видимости, м 300
Габариты печатной платы, мм . . .13×34

Принципиальная схема радиомикрофона представлена на **рис. 1**. Он построен на основе микросхемы DA2 — ЧМ-стереопередатчика QN8027 (URL: **http://down.cosou.com/xintechsz.com/QN8027.pdf** (21.06.17)). Она содержит тактовый генератор, частота которого стабилизирована кварцевым резонатором ZQ1, стабилизатор напряжения питания, усилитель звуковой частоты с программируемым коэффициентом усиления, АЦП, цифровой интерфейс I^2C, узел формирования стерео- и RDS-сигналов, синтезатор ВЧ-сигнала с программируемой частотой, полосовой фильтр, усилитель мощности с программируемым коэффициентом усиления и узел согласования антенны.

Управляет работой радиомикрофона микроконтроллер DD1 ATtiny85-20SU. Первичным источником питания служит гальванический элемент G1 типоразмера AA. Его напряжение увеличивает до требуемых для питания микросхем 3,3 В повышающий стабилизатор на микросхеме DA1 NCP1400ASN33T1G.

Транзистор VT1 усиливает сигнал электретного микрофона BM1. Затем усиленный сигнал поступает на соединённые входы левого и правого стереоканалов передатчика DA2. В эту же точку по цепи R8C12 поступают звуковые сигналы с выхода PB0 DD1, подаваемые при нажатии на кнопку управления SB1 или SB2. К этому же выходу через резистор R4 подключён зелёный кристалл светодиода HL1, служащий индикатором режимов работы и нажатий на кнопки управления. При работе радиомикрофона красный кристалл светодиода HL1 светится всегда, а зелёный кристалл включается по необходимости, придавая свечению светодиода жёлтый цвет.

На транзисторе VT3 реализован широкополосный усилитель мощности ВЧ. Резистор R16 задаёт ток его базы, от которого зависит мощность в антенне радиомикрофона. Она должна быть установлена равной 10 мВт на нагрузке 50 Ом.

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

РАДИО®

Радиомикрофон с цифровым управлением и RDS

И. ЖУРАВЛЁВ, г. Саранск, Мордовия

В выключенном состоянии питание микросхемы DA2 и транзисторов VT1, VT3 отключено транзистором VT2, которым управляет сигнал с выхода PB5 DD1. Микросхемы DA1 и DD1 также находятся в режиме пониженного энергопотребления. При нажатии на кнопку SB1 на вход CE микросхемы DA1 поступает сигнал, разрешающий её работу. Напряжение питания микроконтроллера поднимается до 3,3 В, и он начинает выполнять записанную в его память программу.

Включают радиомикрофон одновременным нажатием на кнопки SB1 и SB2 длительностью более 2 с. В результате микроконтроллер DD1 устанавливает на своём выходе PB5 низкий логический уровень, транзистор VT2 открывается и на микросхему DA2 и транзисторы VT1, VT3 поступает питание. Поскольку через диодную сборку VD1 напряжение поступает и на вход CE микросхемы DA1, работа радиомикрофона продолжается и после отпускания кнопки SB1. При старте программы микроконтроллер DD1 читает значения параметров, хранящиеся в его энергонезависимой памяти, и по шине I²C инициализирует передатчик DA2.

Режимами работы радиомикрофона управляют с помощью кнопок SB1 и SB2. Программа различает короткие (от 50 до 500 мс) и длинные (более 2 с) нажатия на них и в ответ выполняет действия, указанные в **табл. 1**.

В основном режиме длинное нажатие на кнопку SB2 вызывает блокировку передачи того, что звучит перед микрофоном. В этом режиме светодиод HL1 красный и периодически становится жёлтым. Выходят из режима блокировки звука повторным длинным нажатием на ту же кнопку.

Таблица 2

Команда	Код
Частота	− − − + − + + +
Выбор ячейки	− − + − + +
Очистка ячейки	− − + + − − + + + +
Усиление ЗЧ	− − − + − − + − − −
Девиация	− − − + + − + − − +
RDS вкл./выкл.	− + + + + + + + + +
Сброс установок	− − − − + + + − − +

− — короткое нажатие на кнопку SB1;
\+ — короткое нажатие на кнопку SB2.

Длинное нажатие на кнопку SB1 в основном режиме или в режиме блокировки звука приводит к прекращению работы радиомикрофона. Для этого на выходе PB5 микроконтроллера DD1 программа устанавливает высокий логический уровень, транзистор VT2 закрывается, питание прекращает поступать на микросхему DA2 и транзисторы VT1, VT3. После отпускания кнопки SB1 перестают работать также повышающий преобразователь напряжения DA1 и микроконтроллер DD1.

Короткими нажатиями на кнопки в основном режиме вводят приведённые в **табл. 2** коды перехода в режим установки того или иного параметра радиомикрофона. Паузы между нажатиями должны быть не длиннее 2 с, иначе код не будет принят. Вводу кода должна предшествовать пауза длительностью более 2 с. Сразу после подачи питания

Рис. 1

Таблица 1

Режим		Выключено	Основной	Микрофон отключён	Частота	Выбор ячейки	Усиление ЗЧ	Девиация
Индикатор		Выключен	(красный)	(красный/жёлтый)	(жёлтый)	(жёлтый)	(жёлтый)	(жёлтый)
Нажатия на кнопки	[+] [−]	Перейти в основной	Блокировать или разблокировать ввод кода	Нет действия				
	+	Нет действия	Ввод кода, если разблокировано	Нет действия	+100 кГц	Следующая	+3 дБ	+5,8 кГц
	−				−100 кГц	Предыдущая	−3 дБ	−5,8 кГц
	[+]		Отключить микрофон	Подключить микрофон	Сохранить частоту и сделать её основной	Сделать основной	Применить установки	
	[−]		Выключить питание		Отменить сделанный выбор			

[+] — длинное (более 2 с) нажатие на кнопку SB2; [−] — длинное (более 2 с) нажатие на кнопку SB1;
\+ — короткое (50...500 мс) нажатие на кнопку SB2; − — короткое (50...500 мс) нажатие на кнопку SB1.

доступ к установке параметров заблокирован, поэтому короткие нажатия на кнопки SB1 и SB2 не приводят к каким-либо действиям. Доступ блокируют и разблокируют из основного режима одновременным длинным нажатием на кнопки SB1 и SB2.

После разблокировки короткие нажатия на кнопки сопровождаются звуковыми сигналами, передаваемыми по радиоканалу, и кратковременными изменениями красного свечения светодиода HL1 на жёлтый. Описанный алгоритм предотвращает случайный вход в режим установки параметров. Во время установки любого из них светодиод HL1 — жёлтый.

Каждое короткое нажатие на кнопку SB1 или SB2 вызывает изменение соответствующего параметра в меньшую или большую сторону. Сохранение выбранного значения и возврат в основной режим работы происходят при длинном нажатии на кнопку SB2. Возврат в основной режим без обновления значения — длинное нажатие на кнопку SB1.

Если при выходе из режима установки частоты с её записью в свободную ячейку памяти программа обнаружила, что такое же значение частоты уже хранится в памяти, то новая запись произведена не будет, а предназначенная для неё ячейка памяти останется пустой. Запись не происходит и в случае, когда все ячейки памяти уже заняты.

Режим выбора ячейки позволяет быстро устанавливать частоты передачи, записанные в памяти. При выходе из этого режима с сохранением частота, хранящаяся в выбранной ячейке, становится основной. При выходе из режимов выбора ячейки или установки частоты без сохранения рабочая частота возвращается к значению, действовавшему до входа в режим.

В программе предусмотрена возможность очистки ячеек. Для этого нужно войти в режим выбора ячейки и выбрать ту, которую необходимо очистить. Затем выйти из этого режима с сохранением, сделав хранящуюся в ней частоту основной. Далее в основном режиме ввести код очистки ячейки (табл. 2), после чего её содержимое будет стёрто, а радиомикрофон переключится на частоту, хранящуюся в следующей по порядку заполненной ячейке. После этого следует установить рабочую частоту или выбрать необходимую ячейку. Если была занята только одна ячейка, то после очистки в неё будет записана частота 95 МГц, которая станет основной.

В программе предусмотрены регулировки чувствительности микрофона и девиации частоты, а также включение и выключение передачи RDS-имени станции. Спустя 60 мин с момента последнего нажатия на любую кнопку радиомикрофон автоматически выключится. Возможна отмена всех сделанных изменений параметров с очисткой ячеек памяти.

При первом включении радиомикрофона происходит инициализация EEPROM микроконтроллера. По адресам 0x00—0x07 программа записывает RDS-имя станции (в данном случае "RadioMic"). По адресу 0x08 — признак включения (1) или выключения (0) передачи RDS. По адресам 0x09 и 0x0A — числа, задающие соответственно коэффициент усиления микрофонного усилителя (0—13) и девиацию частоты (0—255).

В первую 16-разрядную ячейку памяти рабочих частот (по адресам 0x10 и 0x11) будет занесён код 0x017C, соответствующий частоте 95 МГц, а в указатель текущей ячейки по адресу 0x0F — её номер. По адресам с 0x12 до 0x4B будут записаны нули, означающие, что находящиеся там ячейки памяти рабочих частот пока пусты. Код частоты FCODE и адреса, по которым в EEPROM хранятся его старший и младший байты ADRH и ADRL, вычисляют по формулам:

$$FCODE = \frac{F - 76000}{50};$$

$$ADRH = 0x10 + (n - 1) \cdot 2;$$

$$ADRL = ADRH + 1,$$

где F — рабочая частота, кГц; n — номер ячейки. При необходимости хранящиеся в EEPROM параметры могут быть скорректированы вручную с помощью программатора.

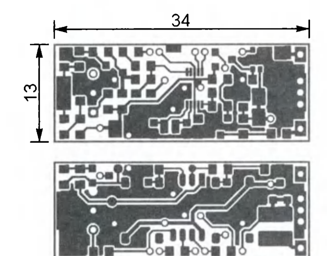


Рис. 2

Радиомикрофон собран на двухсторонней печатной плате размерами 34×13 мм. Чертёж её печатных проводников изображён на **рис. 2**, а размещение деталей (в основном для поверхностного монтажа) показано на **рис. 3**.

Плата рассчитана на установку резисторов типоразмера 0805 и керамических конденсаторов типоразмеров 0603 и 0805. Оксидные конденсаторы — типа А. Дроссель L1 — типоразмера 4632, тип катушек индуктивности L2 и L3 — LQM21NNR10K10D. На **рис. 4** показан внешний вид смонтированной платы.

Микроконтроллер программируют после монтажа на плату. Контактные площадки для подключения программатора на ней предусмотрены. Конфигурацию микроконтроллера задают в соответствии с **табл. 3**. Следует иметь в виду, что вывод 5 микроконтроллера в рассматриваемом случае конфигурируется не как вход сигнала установки микроконтроллера в исходное состояние, а как обычная линия ввода—вывода RB5. Поэтому после установки указанной в табл. 3 конфигурации связь с обычным низковольтным программатором нарушается, и восстановить её можно лишь с помощью высоковольтного или параллельного программатора. Вследствие этого конфигурацию следует программировать лишь в последнюю очередь.

При налаживании собранного радиомикрофона в первую очередь следует проверить в рабочем режиме указанные на схеме (см. рис. 1) напряжения относительно общего провода. При необходимости нужное напряжение на коллекторе транзистора VT1 устанавливают подборкой резистора R5. При отключённом микрофоне (или в тишине) оно должно быть от 1,5 до 1,7 В. После первого включения радиомикрофон начнёт работать на частоте 95 МГц, со средним коэффициентом усиления ЗЧ и включённой передачей RDS.

В качестве антенны можно использовать отрезок монтажного провода длиной 20...30 см или изготовить антенну по эскизу на **рис. 5**. Она состоит из отрезков 1 и 3 провода МГТФ-0,12, между которыми включена спиральная секция 2. Она содержит 90 витков провода ПЭТВ-2 диаметром 0,355 мм, намотанных на отрезке стержня диаметром 3 мм от шариковой авторучки. Конец отрезка 1 припаивают к контактной площадке для антенны на печатной плате, а длину отрезка 3 придётся подобрать, поэтому её первоначально делают на 50...100 мм больше, чем указано на эскизе. Следует помнить, что руки и тело пользователя, а также близлежащие посторонние предметы нарушают настройку антенны, поэтому её необходимо проводить в условиях, максимально приближённых к "боевым".

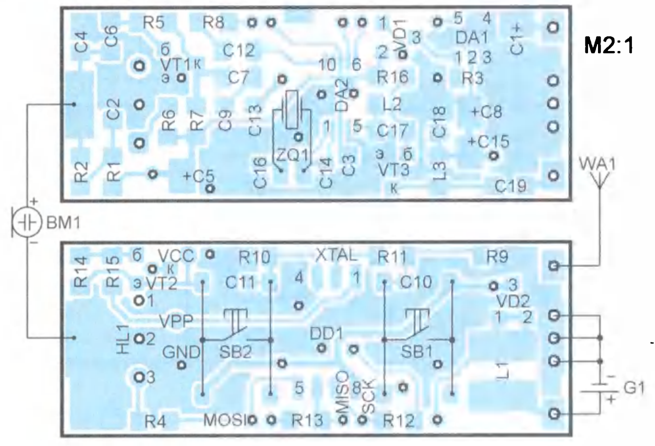


Рис. 3

Таблица 3

☑CKSEL0	☑SUT0	☐BODLEVEL0	☐WDTON	☐SELFPRGEN
☐CKSEL1	☐SUT1	☑BODLEVEL1	☑SPIEN	Low / High
☑CKSEL2	☐CKOUT	☐BODLEVEL2	☐WDEN	0x 62 / 0x 55
☑CKSEL3	☑CKDIV8	☑EESAVE	☑RSTDISBL	

Для настройки задают рабочую частоту приблизительно в середине рабочего диапазона (например, 95 МГц). Индикатор напряжённости поля (это может быть приёмник без АРУ и ограничителя уровня сигнала, анализатор спектра или резонансный волномер)

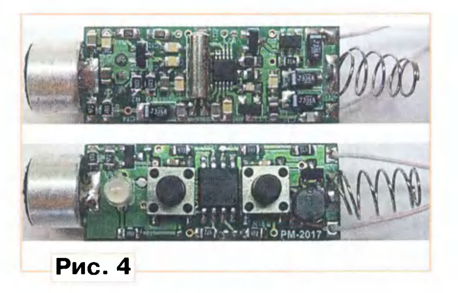


Рис. 4

следует установить на расстоянии не менее 2 м от радиомикрофона. Не меняя положения микрофона относительно индикатора и оператора, следует постепенно (по 1...5 мм) укорачивать провод, добиваясь максимальных показаний индикатора. Если спиральная секция намотана другим проводом или на каркасе другого диаметра, может потребоваться корректировка числа её витков.

К достоинствам описанного радиомикрофона можно отнести малые габариты, стабильность параметров, широ-

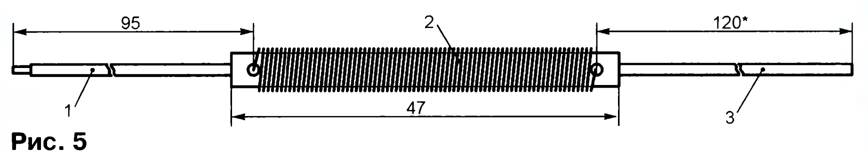


Рис. 5

кие функциональные возможности, а также хорошую повторяемость. Недостатки — относительно большой ток потребления по сравнению с аналогами на дискретных элементах и высокий уровень внеполосных излучений, создаваемый микросхемой QN8027. Ещё одна неприятная особенность этой микросхемы — значительный подъём высоких частот передаваемого звукового сигнала. Для его компенсации в радиомикрофоне установлены конденсаторы С4 и С9 довольно большой ёмкости. При необходимости их можно подобрать.

В ходе экспериментов было установлено, что передаваемое RDS-имя радиомикрофона воспринимают не все приёмники. Это особенность стандарта RDS.

Следует предостеречь читателей от использования радиомикрофона для негласного получения информации или в качестве средства намеренного создания помех приёму радиовещательных станций.

***От редакции**. Программа микроконтроллера имеется по адресу **ftp://ftp.radio.ru/pub/2017/09/radiomic.zip** на нашем FTP-сервере.*

НОВОСТИ ВЕЩАНИЯ

Раздел ведёт В. ГУЛЯЕВ, г. Астрахань

РОССИЯ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ. В северной столице 14 июля началось вещание радиостанции "Comedy Radio" на частоте 95,9 МГц. Мощность передатчика — 4 кВт (источник — URL: **http://www.gpmradio.ru/news-page/uid/12763** и **http://spb.rtrs.ru/tv/analog/rtrs-nachal-fm-translyatsiyu-kamedi-radio-v-sankt-peterburge/** (25.07.17)).

АСТРАХАНСКАЯ ОБЛ. 5 июля филиал РТРС "Астраханский ОРТПЦ" начал трансляцию радиостанции "Радио России" в райцентре пос. Чёрный Яр на частоте 105,3 МГц с мощностью передатчика 2 кВт. Трансляция радиостанции на частоте 69,98 МГц прекращена (источник — URL: **http://astrakhan.rtrs.ru/tv/analog/rtrs-nachal-fm-translyatsiyu-radio-rossii-v-chernomyaru/** (25.07.17)).

С 1 июля "Радио России" можно услышать в с. Тамбовка и других населённых пунктах Харабалинского района на частоте 103,4 МГц. Радиостанция вещает в Чёрном Яру и Тамбовке круглосуточно. По будням трижды в день в эфире можно услышать региональные включения: новости от службы информации ГТРК "Лотос", тематические передачи, прямые эфиры (источник — URL: **http://lotosgtrk.ru/news/detail.php?ELEMENT_ID=17035** (25.07.17)).

ВЛАДИМИРСКАЯ ОБЛ. 4 июля филиал РТРС "Владимирский ОРТПЦ" совместно с ГТРК "Владимир" начал трансляцию программ "Радио России—Владимир" в г. Коврове на частоте 98,3 МГц, в г. Муроме — на частоте 88,7 МГц (источник — URL: **http://vladimir.rtrs.ru/tv/analog/rtrs-nachal-fm-translyatsiyu-radio-rossii-vladimir-v-dvukh-krupneyshikh-rayonnykh-tsentrakh-oblasti-/** (25.07.17)).

Радиостанция "Новое радио" в июле начала вещание в г. Владимире на частоте 100,1 МГц (источник — URL: **https://vk.com/vcfm2014?z=photo-150084038_456239021%2Fwall-62613163_1630** (25.07.17)).

КАЛИНИНГРАДСКАЯ ОБЛ. 27 июня началось вещание радиостанции "Energy" в самом европейском городе России, как часто называют Калининград, на частоте 98,5 МГц (источник — URL: **http://www.gpmradio.ru/news-page/uid/12683** (25.07.17)).

КОМИ РЕСПУБЛИКА. 1 июля в с. Ижма запущено вещание радиостанции "Радио Дача" на частоте 102,5 МГц. Радиус покрытия составляет около 50 км, так что эфир доступен для жителей близлежащих населённых пунктов. В эфире будет транслироваться отечественная музыка, развлекательные передачи, информационные материалы региона (источник — URL: **http://www.izhma.ru/ru/news/2219/?_utl_t=vk** (25.07.17)).

КРАСНОДАРСКИЙ КРАЙ. Радиостанция "Звезда" выиграла конкурс на вещание в г. Краснодаре на частоте 87,5 МГц. Трансляция начнётся через несколько месяцев (источник — URL: **http://www.radiozvezda.ru/news/248/** (25.07.17)).

В г. Новороссийске с 10 июля официально началось вещание радиостанции "Русское радио—Новороссийск" на частоте 107,4 МГц. Новороссийск стал последним городом в РФ с населением более 200 тысяч человек, в котором раньше не было передатчика "Русского радио". До этого момента город частично покрывался сигналом из соседнего Туапсе, теперь он получил собственный сигнал (источники — URL: **http://bloknot-novorossiysk.ru/news/russkoe-radio-nachinaet-veshchanie-v-novorossiyske-861207** и **http://russianmediagroup.ru/live/thenews.asp?id=33884** (25.07.17)).

НИЖЕГОРОДСКАЯ ОБЛ. 5 июля началась трансляция программ радиостанции "Шансон" в г. Арзамасе на частоте 100,2 МГц (источник — URL: **https://vk.com/arzradio?w=wall-24593603_411%2Fall** (25.07.17)).

НОВОСИБИРСКАЯ ОБЛ. Группа компаний "Выбери радио" запустила вещание радиостанции "Love Radio" в г. Новосибирске. Теперь самую романтичную радиоволну можно услышать на частоте 94,2 МГц (источник — URL: **http://www.gkvr.ru/news/the_group_of_companies_vyberi_radio_started_broadcasting_love_radio_in_novosibirsk/** (25.07.17)).

ОМСКАЯ ОБЛ. Радиостанция "Радио Сибирь" с 3 июля начинает вещание в г. Тюкалинске. Передатчик, установленный на объекте связи омского ОРТПЦ, обеспечит уверенный приём сигнала не только в Тюкалинском районе, но и на части территории Крутинского района. Тюкалинск станет 28-м городом вещания "Радио Сибирь"; станция работает в городах восьми регионов России: Омской, Томской, Кемеровской, Иркутской областях, Забайкальском крае, Ханты-Мансийском автономном округе, Республике Алтай и Республике Бурятия.

"Радио Сибирь" начала вещание в 1992 г. в г. Томске, с 2014 г. входит в состав холдинга "МКР-Медиа" (источник — URL: **http://omsk.sibnovosti.ru/society/352067-radio-sibir-nachinaet-**

__Примечание__. Время всюду — UTC. Время MSK = UTC + 3 ч.

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

veschanie-v-gorode-tyukalinske (25.07.17)).

ТАТАРСТАН. С 6 июля радиостанция "Радио Искатель" начала вещание в столице Татарстана г. Казани на частоте 93,1 МГц (источник — URL: **https://radioiskatel.ru/news/radio-iskatel-teper-v-kazani** (25.07.17)).

ТВЕРСКАЯ ОБЛ. Некоммерческое просветительское радио "Вера" 30 июня пополнилось ещё одним городом — станция появилась в эфире г. Ржева. Ржевитяне могут принимать сигнал радиостанции на частоте 102,4 МГц (источник — URL: **http://foma.ru/radio-vera-prishlo-vo-rzhev.html** (25.07.17)).

ТУЛЬСКАЯ ОБЛ. 14 июля филиал РТРС "Тульский ОРТПЦ" начал трансляцию радиостанции "Радио России" в г. Туле на частоте 90,2 МГц. Мощность передатчика — 1 кВт. Трансляция радиостанции на частоте 71,15 МГц прекращена (источник — URL: **http://tula.rtrs.ru/tv/analog/rtrs-nachal-fm-translyatsiyu-radio-rossii-v-tule/** (25.07.17)).

ТЮМЕНСКАЯ ОБЛ. Спустя 11 лет в г. Тюмень вернулась танцевальная радиостанция DFM ("Динамит FM"). Теперь она вещает в составе группы компаний "Дом Радио" на частоте 98,4 МГц.

Ранее DFM вещала в Тюмени на частоте 101 МГц, но в мае 2006 г. "Медиагруппа 101" отказалась от трансляции танцевальной музыки и запустила на этой волне радиостанцию "Шансон" (источник — URL: **http://newsprom.ru/news/Ekonomika/231858.html** (25.07.17)).

УДМУРТИЯ. Радиостанция "Новое радио" с 20 июля работает в эфире г. Глазова на частоте 107,7 МГц (источник — URL: **https://vk.com/newradio?z=photo-106042931_456247593%2Falbum-106042931_00%2Frev** (25.07.17)).

ЗАРУБЕЖНОЕ ВЕЩАНИЕ

МАРОККО. Радиостанция из Марокко "Radio Mediterranee International" (сокращённо "Radio Medi 1") полностью прекратила вещание на своей коротковолновой частоте 9575 кГц (передатчик в Nador мощностью 250 кВт).

"Medi 1" вела трансляции на коротких волнах на арабском и французском языках. В вещательной сетке было много музыкальных программ.

ПОЛЬША. Небольшой обзор новостей в начале часа (8...10 мин) в рамках программы "Лето с радиоприёмником" ("Lato z Radiem") на английском, немецком и русском языках выходит в эфир с 07.00 до 10.00 (в воскресенье с 08.00 до 10.00) на Первой программе ("Yedynka") "Польского радио". Самая лучшая возможность приёма — на длинноволновой частоте 225 кГц. К слову сказать, эта передача транслируется уже более 20 лет, с 1 июня по 1 сентября.

США. Информационное агентство и радиостанция "Sputnik" (в составе МИА "Россия сегодня") объявили о начале вещания в г. Вашингтоне (округ Колумбия, США). Круглосуточное вещание на английском языке доступно на частоте 105,5 МГц. Программная сетка включает информационные новостные блоки и тематические программы от политических ток-шоу до экспертной аналитики в области экономики и финансов (источник — URL: **https://ria.ru/society/20170630/1497633606.html** (25.07.17)).

Хорошего приёма и 73!

Усовершенствованные стабилизаторы напряжения с активным фильтром

А. КУЗЬМИНОВ, г. Москва

После публикации моей статьи "Стабилизаторы напряжения с активным фильтром" ("Радио", 2017, № 5, с. 16—18) мне удалось заметно улучшить параметры описанных в ней устройств. Схемы доработанных фильтров-стабилизаторов изображены на **рис. 1** (с регулирующими элементами в плюсовом проводе) и **рис. 2** (с регулирующими элементами в минусовом проводе). Они отличаются от исходных номиналами некоторых элементов, но основное отличие состоит в том, что сдвоенный ОУ DA1 в них питается не напряжением со стока транзистора VT1, а входным нестабилизированным напряжением через добавленные в устройства фильтры R1C3C5R5C8C10C13. Это снизило в пять раз размах пульсаций на выходе фильтров-стабилизаторов, который теперь не превышает 1 мВ при токе нагрузки 8 А.

Кроме того, за счёт повышенного более чем на 1 В напряжения питания ОУ DA1 полностью устранены проблемы, связанные с обеспечением надёжного закрывания полевых транзисторов. Теперь можно использовать в стабилизаторах практически любые поле-

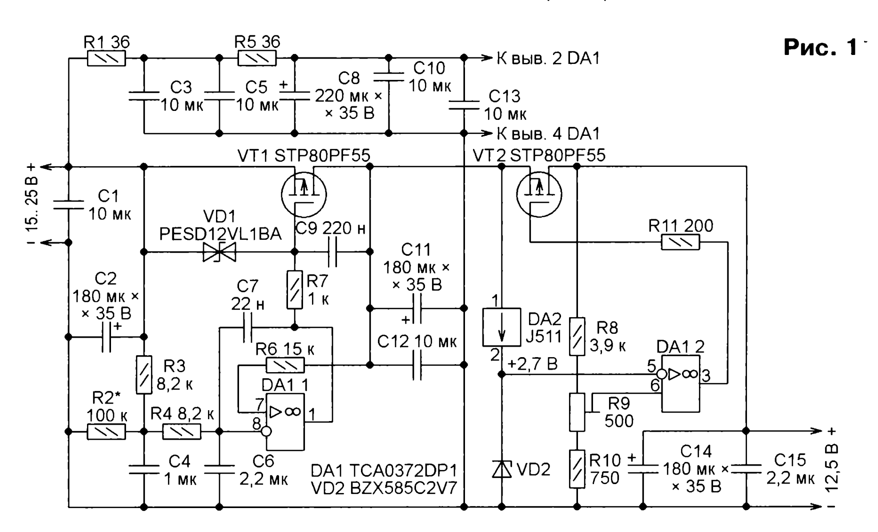


Рис. 1

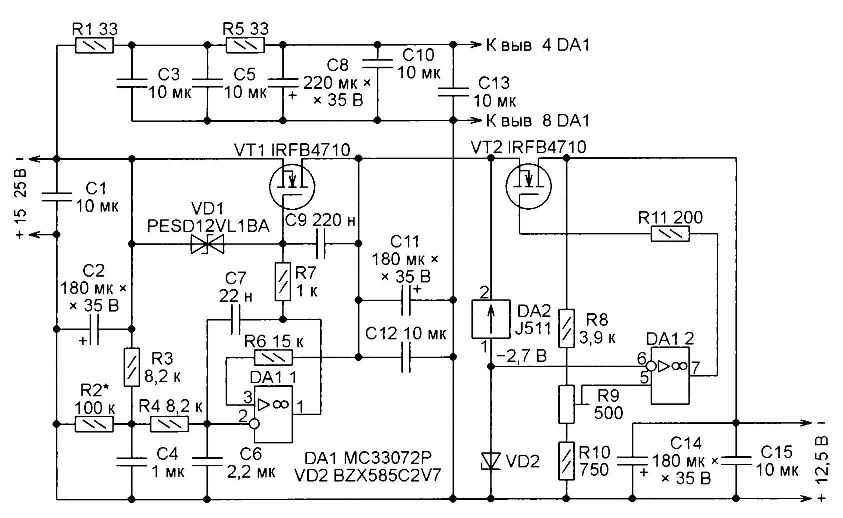


Рис. 2

собраны на печатных платах, показанных соответственно на **рис. 3** и **рис. 4**.

Если потребуется более высокое выходное напряжение фильтров-стабилизаторов, то вместо сдвоенных ОУ MC33072 и TCA0372DP1 с максимальным напряжением питания 40... 44 В можно применить более высоковольтный сдвоенный ОУ ADA4522-2 с допустимым напряжением питания 55 В. Для того чтобы установить эту микросхему вместо MC33072, не внося изменений в основную печатную плату, можно изготовить для неё плату-переходник, изображённую на **рис. 5**. Для замены микросхемы TCA0372DP1 предназначена плата-переходник, которая изображена на **рис. 6**.

***От редакции**. Файл печатных плат формата Sprint Layout 6.0 имеется по адресу **ftp://ftp.radio.ru/pub/2017/09/f-stab2.zip** на нашем FTP-сервере.*

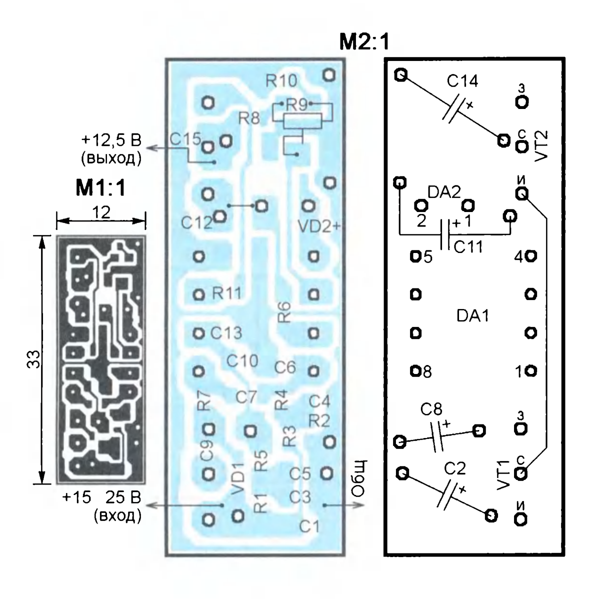


Рис. 3

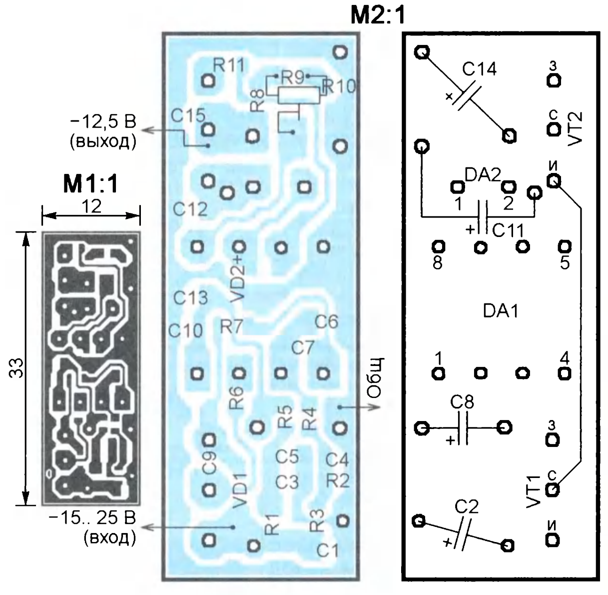


Рис. 4

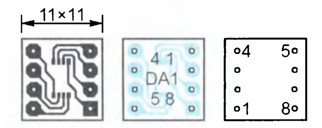


Рис. 5

Рис. 6

вые транзисторы с нужным типом проводимости канала, в том числе с большой крутизной передаточной характеристики. В результате стабилизаторы одинаково хорошо работают как в режиме, близком к холостому ходу, так и при максимальном токе нагрузки.

Помимо этого, за счёт относительно большой ёмкости конденсатора C8 запуск стабилизаторов происходит более плавно. И наконец, выведение цепи питания ОУ из контура обратной связи электронного фильтра на транзисторе VT1 полностью исключило его самовозбуждение.

Вместо транзисторов STP80PF55 в устройстве, собранном по схеме рис. 1, и IRFB4710 в устройстве, собранном по схеме рис. 2, можно использовать соответственно транзисторы STP120NF10 и SUP90P06 с более чем в два раза большей крутизной характеристики и сниженным в два раза (до 10 мОм) сопротивлением открытого канала. Благодаря этому и падение напряжения на транзисторах VT2 может быть в два раза меньше.

Усовершенствованные фильтры-стабилизаторы с регулирующими элементами в плюсовом и минусовом проводах

Лабораторный БП с встроенным цифровым вольтметром

А. БУТОВ, с. Курба Ярославской обл.

При сборке, настройке и ремонте различных электронных устройств часто используют лабораторные блоки питания (БП), имеющие различные дополнительные сервисные функции. Нередко они оснащены встроенным вольтметром, который измеряет выходное напряжение БП. Однако его можно приспособить и для измерения напряжения в различных цепях подключённой к БП конструкции, что повысит комфорт рабочего места, поскольку станет возможным в ряде случаев отказаться от использования отдельного мультиметра.

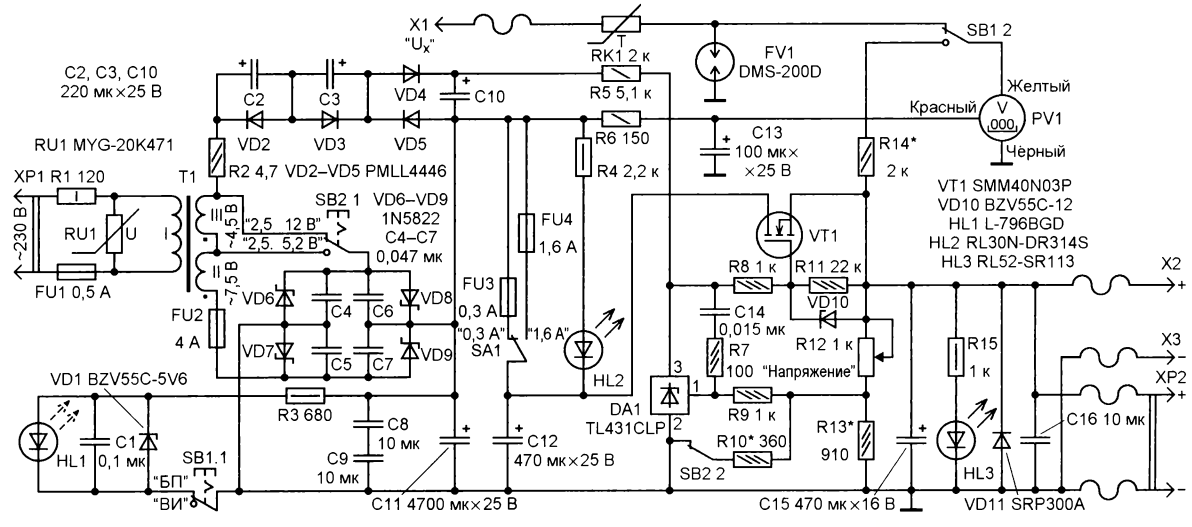


Рис. 1

Схема компактного лабораторного БП с регулируемым выходным напряжением и защитой от перегрузки, оснащённого встроенным цифровым вольтметром, представлена на **рис. 1**. Выходное напряжение устройства можно регулировать от 2,5 до 12 В при токе нагрузки соответственно 1,6 А...0,3 А. При выходном напряжении 10 В и токе нагрузки 0,5 А амплитуда напряжения пульсаций и шумов на выходе БП — менее 1 мВ.

Напряжение сети 230 В поступает на первичную обмотку понижающего трансформатора T1 через плавкую вставку FU1 и защитный резистор R1. С вторичных обмоток II и III напряжение переменного тока через плавкую вставку FU2 и замкнутые контакты переключателя SB2.1 поступает на выпрямительный мост, составленный из диодов VD6—VD9. В верхнем (по схеме) положении переключателя выходное напряжение БП можно установить в интервале 2,5...12 В, в нижнем — 2,5...5,2 В, что повышает КПД и уменьшает нагрев устройства при его работе с выходным напряжением ниже 5,2 В. В выпрямителе применены диоды Шотки (со значительно меньшим прямым падением напряжения, чем у обычных выпрямительных кремниевых диодов), что также повышает КПД устройства, поскольку позволяет полнее использовать напряжение вторичных обмоток трансформатора. Варистор RU1 защищает трансформатор и диоды Шотки от всплесков напряжения сети.

Конденсатор C11 сглаживает пульсации выпрямленного напряжения. В зависимости от решаемой задачи переключателем SA1 выбирают, какой из самовосстанавливающихся предохранителей FU3, FU4 следует включить в цепь питания налаживаемого или ремонтируемого устройства. Если будет включён предохранитель FU3 (номинальный рабочий ток — 0,3 А), то БП можно использовать для настройки различных маломощных устройств, а также для предварительной проверки работоспособности УМЗЧ или импульсных источников питания, когда больший ток в течение непродолжительного времени может повредить, например, выходные, силовые каскады подключённой нагрузки. При включении в цепь предохранителя FU4 (номинальный рабочий ток — 1,6 А) применённый экземпляр при токе нагрузки 1,8 А срабатывал через 4 мин. Необходимо помнить, что с повышением температуры в корпусе БП самовосстанавливающиеся предохранители будут срабатывать при меньшем токе. В момент срабатывания любого из предохранителей FU3, FU4 начинает светиться светодиод HL2.

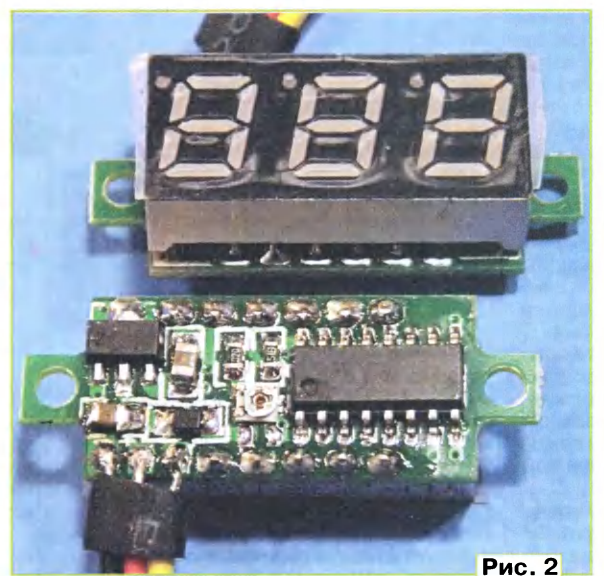


Рис. 2

Для регулирования выходного напряжения применена интегральная микросхема TL431CLP (DA1). Выходное напряжение устанавливают переменным резистором R12. Чем меньше его введённое сопротивление, тем меньше выходное напряжение. На мощном полевом транзисторе VT1 реализован истоковый повторитель напряжения. Стабилитрон VD10 защищает изолятор затвора полевого транзистора от пробоя. Чтобы получить минимально возможную разницу между входным и выходным напряжением узла стабилизатора, применён умножитель напряжения (C2, C3, C10, VD2—VD5), благодаря которому напряжение на затворе транзистора VT1 может быть больше, чем на стоке. Резистор R2 — защитный.

Конденсатор C14 и резистор R7 предотвращают самовозбуждение микросхемы DA1. Резисторы R8, R9 — защитные. При наличии напряжения на выходе стабилизатора светится

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

светодиод HL3. Диод VD11 защищает элементы устройства при подключении в обратной полярности к выходу БП, например, заряженного конденсатора, аккумуляторной батареи. Для подключения БП к питаемой аппаратуре предусмотрены кабель со стандартным штекером XP2 диаметром 5,5 мм и два отдельных провода с зажимами "крокодил" на концах, что повышает удобство пользования устройством. На провод со штекером XP2 надета подвижная термоусаживаемая трубка, которая отформована таким образом, что её можно использовать как защитный чехол.

Цифровой вольтметр PV1 (**рис. 2**) — импортный, именуемый на сайтах интернет-магазинов как "Voltmeter 3-Digital Mini DC 0-100V Blue LED Display Voltage Panel Motor 0.28" (миниатюрный вольтметр постоянного тока для измерения напряжения до 100 В с трёхразрядным светодиодным дисплеем синего цвета свечения и размером цифр 0,28 дюйма). Измеряемое напряжение — 0...99,9 В, входное сопротивление — 110 кОм, напряжение питания — 3,3...24 В, потребляемый ток — 6,2 мА, размеры прибора — 30×11×9 мм. Вольтметр защищён от подачи напряжения питания в неправильной полярности, предусмотрена ручная корректировка показаний измеряемого напряжения подстроечным резистором.

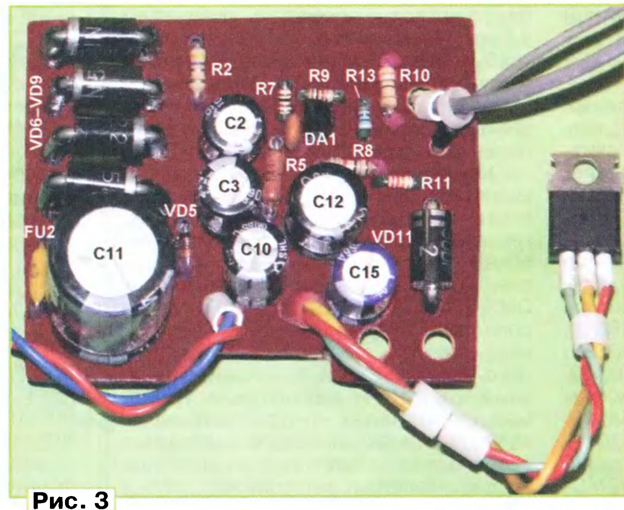


Рис. 3

Рис. 4

Вольтметр был доработан — на входе применённого в нём стабилизатора напряжения HT7133-1 установлен отсутствовавший в состоянии поставки керамический конденсатор ёмкостью 1,5 мкФ (хотя место для него на монтажной плате предусмотрено — на рис. 2 внизу слева, и на рекламных магазинных фото он есть).

Вольтметр питается через развязывающий фильтр R6C13. Режим работы — измерение напряжения на выходе БП или в цепях питаемого от него устройства — выбирают кнопочным переключателем SB1. В последнем случае включается мигающий светодиод HL1. Терморезистор RK1 и разрядник FV1 защищают вольтметр от высокого напряжения на его входе.

Большинство деталей устройства установлены на монтажной плате размерами 59×48 мм из стеклотекстолита, монтаж — двухсторонний навесной (**рис. 3**). Резистор R1 — импортный невозгораемый (или разрывной), установлен на отдельной плате размерами 45×22 мм. Остальные постоянные резисторы — любые общего применения (МЛТ, РПМ, С1-4, С2-23 и т. п.) указанной на схеме мощности рассеяния. Переменный резистор R12 — СП3-4аМ. Варистор RU1 — MYG-20K471, перед монтажом он обёрнут тонкой асбестовой бумагой, после чего на него надета термоусаживаемая трубка. Возможная

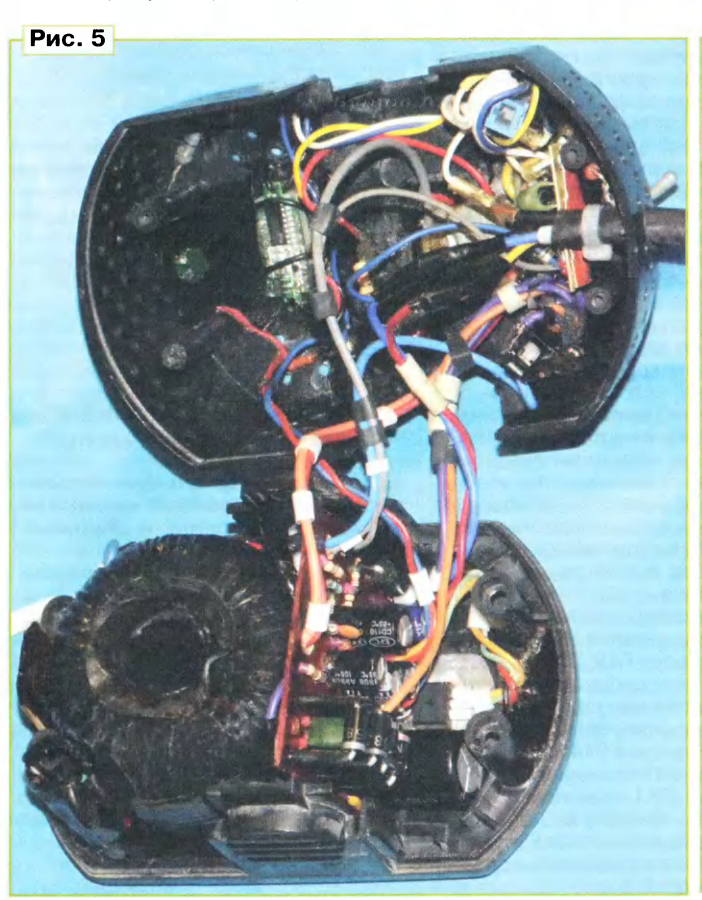

Рис. 5



Рис. 6

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

замена варистора — FNR-20K471, FNR-14K471, GNR20D471K, LF14K471U, TVR14471. Терморезистор RK1 — сопротивлением до 2 кОм, с положительным ТКС извлечён из ЭПРА компактной люминесцентной лампы.

Конденсаторы С2, С3, С10—С13, С15 — оксидные импортные, С4—С7 — плёночные, установлены под диодами Шотки VD6—VD9. Остальные неполярные конденсаторы — керамические. Конденсаторы С8, С9 и С16 установлены между выводами соответствующих оксидных конденсаторов (С11 и С15).

Диоды PMLL4446 (VD2—VD5) заменимы на PMLL4148 (4150, 4151, 4153, 4448), 1N4148, КД521 (с любым буквенным индексом). Вместо диодов Шотки 1N5822 подойдут SR340—SR360, SR504—SR506, MBR340—MBR360, SB340—SB360, MBRD340—MBRD360. Диод SRP300A можно заменить любым из этой серии, а также серий 1N5400—1N5408, PR3001—PR3007, FR301—FR307, КД226. Вместо стабилитрона BZV55C-5V6 подойдут 1N4734A, TZMC-5V6, КС456А, 2С456А, КС156А, 2С156А, а вместо BZV55C-12 — BZV55C-13, TZMC-12, TZMC-13, Д814Д1, 2С213А, 2С213Б. Мигающий светодиод L-796BGD заменим любым из серий L-796B, L-816B, L-36B, L-56B, SB2 (SB2G6SDECY), SB3 (SB3RB6SCECY), DFB3b, DFB5, DK5 (DK5R3SSC), а светодиоды RL30N-DR314S и RL52-SR113 — любыми непрерывного свечения без встроенных резисторов, например, из серий КИПД21, RL50.

Транзистор VT1 установлен на теплоотвод из листового алюминиевого сплава толщиной 3 мм с площадью охлаждающей поверхности (одной стороны) 86 см^2 (форма пластины повторяет контуры нижней стенки корпуса). Теплоотводящий фланец транзистора изолирован от теплоотвода слюдяной прокладкой. Вместо SMM40N03P в БП можно применить любой из транзисторов UT40N03L-TN3-R, IRL3705N, IRLZ44, IRFZ40, IRFZ42, 50N06A, 50N06AF, HUF76137P3, 76137S3S, HUFA75307P3, CEB603AL, CEP603AL, CEP6030AL, CEB6030AL, STB3020L, STP3020L, BUZ11, STVHD90FI. Микросхема TL431CLP заменима любой аналогичной в трёхвыводном корпусе TO-92, содержащей в буквенно-цифровом обозначении числа 431, 1431 (***431**, ***1431**, где * — буквенные индексы), например, AZ431, LM431, L5431, LT1431.

Понижающий трансформатор Т1 — доработанный тороидальный с габаритной мощностью около 15 Вт от компьютера "Spectrum ZX-48k" кооперативной сборки. Вторичные обмотки удалены, а новые намотаны жгутом из восьми обмоточных проводов диаметром 0,33 мм с таким расчётом, чтобы при напряжении сети 230 В на одной из них получилось напряжение 7,5 В, а на другой — 4,5 В. Ток холостого хода переделанного трансформатора — 1,3 мА при напряжении сети 240 В (это очень хороший показатель), ток КЗ вторичной обмотки — более 5 А.

При отсутствии подходящего для переделки тороидального трансформатора можно применить и намотанный на Ш-образном магнитопроводе с площадью центрального керна 6,5 см^2. Первичная обмотка должна содержать 1770 витков медного обмоточного провода диаметром 0,2 мм, вторичная — 64+35 витков провода диаметром 0,8 мм. С таким трансформатором потребуется корпус большего размера, но максимальная мощность, отдаваемая в нагрузку, увеличится примерно на 4 Вт, что также потребует более эффективного теплоотвода для транзистора VT1.

Переключатель SA1 — тумблер МТ1, кнопочный SB1 — ПКн61 с двумя группами контактов, SB2 — П2К с четырьмя группами контактов (для переключения обмоток использованы три группы, соединённые параллельно). Разрядник DMS-200D (FV1), резистор R14 и терморезистор RK1 установлены на монтажной плате размерами 32×13 мм (**рис. 4**). Указанный разрядник можно заменить любым аналогичным, например, одним из тех, которые устанавливали на платах кинескопа импортных телевизоров, мониторов и антенных входах импортных автомагнитол, музыкальных центров.

Самовосстанавливающиеся предохранители FU3 (MF-R030) и FU4 (MF-R160) установлены на монтажной плате размерами 15×9 мм. Первый из них можно заменить на MF-R040, LP60-030, LP60-040, второй — на LP30-160, LP60-160. Плавкая вставка FU1 (корпус, как у резистора МЛТ-0,25) помещена в трубку из плотной стеклоткани.

Вместо вольтметра, применённого автором, в БП можно установить любой другой подходящий встраиваемый, например, SVH0001R (с цифровым индикатором красного цвета свечения), SVH0001UY-100 (жёлтого). Не забудьте снять с индикатора защитную плёнку. С вольтметром, в котором применён индикатор синего цвета свечения, были затруднения с подбором светофильтра (подошёл только зеркально-серый светофильтр от DVD-проигрывателя), подобрать светофильтр для красного, жёлтого, зелёного и белого цветов свечения будет значительно проще.

Корпусом для БП стал пластмассовый корпус размерами 128×80×58 мм от 18-вольтного зарядного устройства для шуруповёрта. Вид на компоновку узлов устройства в этом корпусе показан на **рис. 5**, а внешний вид БП — на **рис. 6**. Для лучшего охлаждения нагревающихся деталей в стенках корпуса просверлено около 200 дополнительных отверстий диаметром 3 мм. Монтаж узлов очень плотный, что затрудняет сборку, поэтому тем, у кого опыт подобных работ невелик, советую применить корпус попросторнее. Вес устройства вместе с проводами питания — 840 г.

Настройка безошибочно изготовленного из исправных деталей БП сводится к подбору резисторов R13, R10 и калибровке встроенного цифрового вольтметра имеющимся в нём подстроечным резистором по показаниям образцового вольтметра. Резистор R14 устанавливают такого же сопротивления, как у терморезистора RK1 при комнатной температуре. Для лучшего охлаждения дюралюминиевого теплоотвода к нижней стенке корпуса прикреплены резиновые ножки высотой 7 мм.

Автоматическое зарядное устройство

С. ТИХОНОВ, г. Калтан Кемеровской обл.

В далёком 1991 г. я приобрёл радиоприёмник "Меридиан РП-248". Питался он от встроенной батареи, составленной из четырёх гальванических элементов 316 или аккумуляторов ЦНК-045 (по современной терминологии — типоразмера АА). Чтобы питать приёмник от аккумуляторов, необходим был сетевой блок питания, способный заряжать их номинальным током в течение времени, необходимого для полной зарядки.

Для удобства пользования приёмником с питанием от батареи аккумуляторов в нём был замкнут перемычкой контакт, отсоединяющий встроенную батарею при подключении внешнего источника питания, стало возможным заряжать аккумуляторы без извлечения их из приёмника. Для аккумуляторов определены условия зарядки: это ток 0,1Q (Q — номинальная ёмкость аккумулятора) в течение 15 ч (напряжение на каждом аккумуляторе в конце зарядки — 1,5 В). Следить за этим, как правило, не получается, возникает необходимость в автоматическом зарядном устройстве (АЗУ), не требующем никакого внимания, работающем по принципу "включил и забыл". Для этого зарядное устройство должно обеспечить указанный режим зарядки до достижения на каждом аккумуляторе напряжения 1,5 В, затем уменьшить зарядный ток до значения 0,01...0,02Q и оставаться в таком состоянии неограниченное время, поддерживая аккумуляторную батарею (АКБ) всегда готовой к работе [1]. Будет удобно, если режим работы АЗУ будет отображаться световой индикацией. Исходя из этой задачи, было разработано автоматическое зарядное устройство (**рис. 1**), содержащее минимум деталей широкого применения — всего потребовались четыре транзистора, которые уже в то время были устаревшими, но подходящими по параметрам для работы в данном устройстве.

Устройство работает по сей день, причём постоянно включённое, по крайней мере, около 20 последних лет. Радиоприёмник уже с перестроенным УКВ-диапазоном используется ежедневно как радиоточка на кухне. Практикой подтверждается высокая надёжность полупроводниковых приборов, если только они не работают в запредельных режимах и не имеют заводского брака или подделки. Однако при сборке устройства необходимо проверить и измерить параметры каждого элемента, особенно оксидных конденсаторов, которые оказываются самыми ненадёжными элементами. При повторении этого устройства можно применить множество других транзисторов и диодов, чьи предельно допустимые параметры превышают величины, действующие в устройстве.

Питание АЗУ от сети осуществляется через понижающий трансформатор, чем обеспечивается электробезопасность, далее следует выпрямительный мост VD1—VD4. Если АЗУ будет использоваться для питания радиоприёмника, то для устранения так называемого мультипликативного фона диоды следует шунтировать керамическими конденсаторами. Конденсатор C1 сглаживает пульсации выпрямленного напряжения, его ёмкость должна быть не менее 1000 мкФ на каждые 100 мА потребляемого тока. Образцовое напряжение (9 В) снимается с прецизионного стабилитрона VD5. Резистор R1 определяет его номинальный ток стабилизации (10 мА). Ограничение напряжения на аккумуляторной батарее (АКБ) при достижении полной зарядки осуществляется дифференциальным каскадом VT1VT2 следующим образом. Заданное напряжение, при котором требуется ограничить ток зарядки, определяется делителем напряжения R2R3 и подаётся на базу транзистора VT1, а на базу VT2 поступает напряжение с АКБ, с учётом падения напряжения на диоде VD7, который отключает АЗУ от АКБ при пропадании напряжения в сети. Пока АКБ не зарядилась, напряжение на базе VT2 меньше, чем на базе VT1, и, следовательно, VT2 закрыт и светодиод HL2 не светится. Светится HL1, поскольку VT1 находится в активном режиме. Величина тока определяется сопротивлением резистора R5 и напряжением на базе VT1 и не зависит от напряжения на его коллекторе. Такая схема известна как источник тока (ИТ) [2]. Следовательно, и падение напряжения на резисторе R4 будет стабильным, при этом будет светиться HL1, указывая, что идёт процесс зарядки АКБ. Ток её зарядки стабилен и не зависит от напряжения на АКБ, поскольку транзисторы VT3 и VT4 образуют ИТ.

Особая точность поддержания зарядного тока не требуется, решающее значение имеет ограничение напряжения АКБ при достижении полной зарядки. Точности дифференциального каскада и параметрического стабилизатора напряжения вполне достаточно для решения этой задачи. При достижении напряжения на АКБ, соответствующего полной зарядке, транзистор VT2 переходит в активный режим, появляется его коллекторный ток, начинает светиться светодиод HL2, указывая, что АКБ зарядилась, соответственно ток через VT1 уменьшится, соответственно уменьшится и ток зарядки до величины 0,01...0,02Q, что исключает перезарядку и порчу АКБ. Конденсатор C2 устраняет возможное самовозбуждение, резистор R6 снижает напряжение на коллекторе VT2, а следовательно, и рассеиваемую на нём мощность. Диод VD6 обеспечивает надёжное закрывание транзистора VT4.

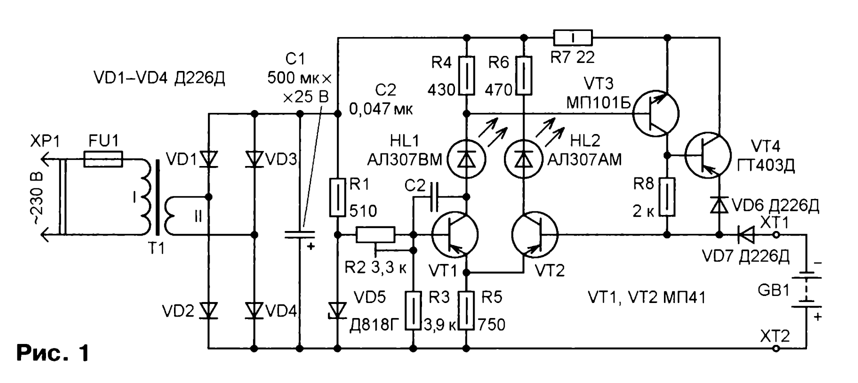


Рис. 1

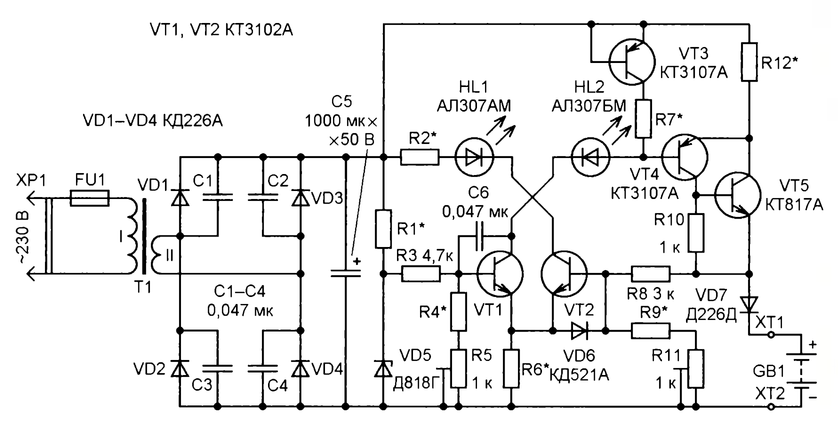


Рис. 2

Транзистор VT4 можно заменить любым из серий КТ973, КТ814, КТ816 и другими (учитывая ток зарядки и рассеиваемую при этом мощность), VT3 — любым транзистором из серий КТ3102, КТ315, КТ503, а VT1, VT2 — любыми из серий КТ203, КТ208, КТ209, КТ502. Коэффициент передачи тока базы транзисторов — не менее 50.

Если потребуется заряжать АКБ больших ёмкости и (или) напряжения, то можно собрать АЗУ по схеме, изображённой на **рис. 2**, с применением транзисторов другой структуры как более распространённых. Образцовое и сравниваемое с ним напряжение подают на базы транзисторов дифференциального каскада через делители или непосредственно, в зависимости от напряжения АКБ. Так, если её напряжение меньше 9 В (напряжение стабилизации Д818 = 9 В), то исключают резисторы R9, R11, на базу VT2 напряжение подают через резистор R8, а требуемое значение напряжения окончания зарядки АКБ устанавливают делителем R3R4R5.

Если же напряжение АКБ более 9 В, то исключают резисторы R4, R5, а напряжение окончания зарядки устанавливают делителем R8R9R11. Ток делителей выбирают в интервале 0,5...1 мА. Резистором R6 выставляется ток зарядки около 10 мА после определения напряжения на базе транзистора VT1. Подбором резистора R1 устанавливают номинальный ток стабилизации стабилитрона VD5 — 10 мА. Диод VD6 ограничивает обратное напряжение на эмиттерном переходе VT2, что может произойти при коротком замыкании в цепи АКБ.

Транзисторы VT3, VT4, VT5 образуют мощный источник тока [2]. Благодаря первому из них падение напряжения на резисторах R7, R12 можно задать порядка 1 В, что может потребоваться, если напряжение АКБ соизмеримо с напряжением на выходе выпрямителя. При напряжении на АКБ менее 9 В можно исключить транзистор VT3, а падение напряжения на резисторах R7, R12 выбрать равным нескольким вольтам, при этом уменьшится мощность, рассеиваемая на транзисторе VT5, но потребуется резистор R12 соответственно с большей мощностью рассеяния.

Мощность и напряжение на вторичной обмотке понижающего трансформатора T1, электрические параметры диодов VD1—VD4, VD7, транзистора VT5 определяются ёмкостью и напряжением АКБ. Для обеспечения длительной безотказной работы устройства предельные значения параметров полупроводниковых приборов и резисторов должны превосходить действующие в устройстве значения в 2...3 раза. Если предполагается, что устройство будет работать круглосуточно без надзора, особое внимание следует уделить пожарной безопасности. Трансформатор должен быть достаточной мощности, с надёжной изоляцией и небольшим током холостого хода, свидетельствующем об отсутствии насыщения магнитопровода и достаточном числе витков первичной обмотки. Для определения максимально допустимого сетевого напряжения и выявления короткозамкнутых витков полезно снять характеристику намагничивания трансформатора (зависимость тока холостого хода от напряжения на сетевой обмотке). Резкий рост тока холостого хода допустим только при напряжении на обмотке, превышающем номинальное сетевое на 10 % (при номинальном 230 В — это 253 В), что свидетельствует о достаточном числе витков первичной обмотки. Корпус АЗУ также должен удовлетворять требованиям пожарной и электробезопасности.

При налаживании следует нагрузить выпрямитель АЗУ током 0,01...0,02Q и установить подбором резистора R6 номинальный ток зарядки (примерно 10 мА), поскольку именно при таком режиме должно происходить ограничение зарядного тока. Затем, в зависимости от напряжения АКБ, выбирают конфигурацию схемы устройства и устанавливают предварительно напряжение ограничения зарядки АКБ. Если это напряжение более 9 В, то, согласно вышеизложенному, базу транзистора VT1 подключают к стабилитрону VD5 через резистор R3, в этом случае напряжение на его эмиттере будет меньше примерно на 0,65 В, т. е. около 8,4 В. Следовательно, при токе около 10 мА ближайший номинал резистора R6 — 820 Ом. Затем определяют номиналы резисторов R7, R12 и необходимость в транзисторе VT3 для достижения требуемого тока зарядки. При измерении тока зарядки светодиод HL1 не должен гореть. Для выполнения этой работы АЗУ нагружают цепью по схеме на **рис. 3**. Далее подстроечным резистором R11 устанавливают ток 0,01...0,2Q при напряжении на выходе АЗУ, соответствующем 1,5 В на каждый аккумулятор АКБ.

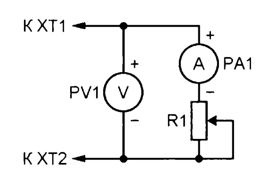


Рис. 3

Если напряжение АКБ менее 9 В, то исключают R9, R11, с помощью делителей R3R4R5 устанавливают предварительно напряжение, соответствующее заряженной АКБ плюс падение напряжения на диоде VD7, затем, согласно вышеизложенному, определяют сопротивление резисторов R6, R7, R12 и окончательно устанавливают напряжение ограничения зарядки АКБ подстроечным резистором R5.

ЛИТЕРАТУРА

1. Немного о зарядке никель-кадмиевых аккумуляторов. — Радио, 1996, № 7, с. 48.

2. **Семушин С.** Источники тока и их применение. — Радио, 1978, № 1, с. 39; № 2, с. 44.

Амперметр — датчик тока в электронной нагрузке

А. КАРПАЧЕВ, г. Железногорск Курской обл.

В радиолюбительских журналах и Интернете описаны электронные нагрузки на различной элементной базе, начиная от устаревших, не очень мощных по современным меркам транзисторов, и заканчивая мощными полевыми транзисторами с операционными усилителями для стабилизации тока. Их объединяет то, что во всех присутствует датчик тока — низкоомный резистор, который сложно приобрести или изготовить. Автор нашёл способ обойтись без этой детали, применив в качестве датчика внутреннее сопротивление амперметра, контролирующего ток нагрузки. Предлагаемая электронная нагрузка представляет собой законченную конструкцию, не требующую при эксплуатации дополнительных измерительных приборов.

При изготовлении и ремонте блоков питания, зарядных устройств или преобразователей напряжения требуется проверять их работоспособность под нагрузкой. В ход идёт всё, что есть под рукой: мощные резисторы, автомобильные лампы, включённые последовательно и параллельно, нагревательные приборы. Подбирать нужную нагрузку таким образом неудобно. Однако большинство возникающих при этом проблем устраняются, если изготовить электронную регулируемую нагрузку.

Но большой недостаток почти всех опубликованных конструкций — незаконченность. Последовательно с собственно электронной нагрузкой нужно включить амперметр, загромождая рабочий стол ещё одним измерительным прибором и его щупами. Чтобы увидеть, как ведёт себя напряжение на выходе испытываемого источника, нужен ещё и вольтметр (со щупами, естественно). Для электронной нагрузки в большинстве случаев требуется дополнительный блок питания.

Если же поместить плату электронной нагрузки в один корпус с амперметром, вольтметром и блоком питания, то на рабочем столе уже не будет лишних приборов, щупов и проводов. Кроме того, появляется возможность использовать внутреннее сопротивление амперметра в качестве датчика тока, избавившись от необходимости поиска или самостоятельного изготовления прецизионного низкоомного резистора.

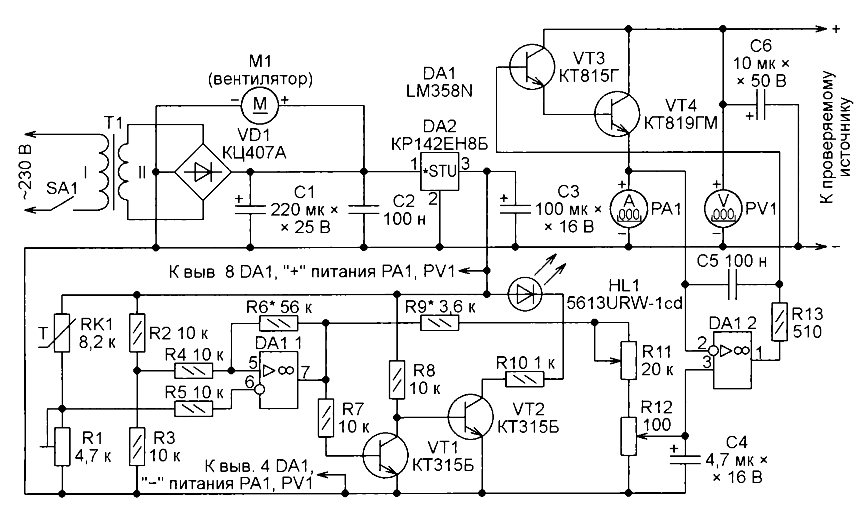


Рис. 1

В предлагаемой конструкции я остановился на предельном значении нагрузочного тока 10 А. Этого должно хватить для проверки самодельных блоков питания и зарядных устройств, малогабаритных аккумуляторов, солнечных батарей. Закладывать в прибор, предназначенный для бытового применения, возможность нагрузить испытываемое устройство током 20, 50 А и более я не стал.

Основой разработки стало устройство, предложенное в статье **И. Нечаева** "Универсальный эквивалент нагрузки" ("Радио", 2005, № 1, с. 35). Описанное в ней устройство как раз и создаёт ток нагрузки 0,5...11 А. Резистор-датчик тока там имеет сопротивление 0,1 Ом, но автор статьи даёт рекомендации, как можно изменить его сопротивление. Это даёт возможность использовать в качестве датчика тока сопротивление амперметра, которое на пределе измерения 10 А обычно составляет несколько миллиом.

Предлагаемая схема полнофункциональной электронной нагрузки представлена на **рис. 1**. Собственно нагрузка собрана на транзисторах VT3, VT4 и ОУ DA1.2 и отличается от прототипа только тем, что вместо полевого транзистора применён составной биполярный, а датчиком тока служит сопротивление амперметра PA1. Устанавливают нагрузочный ток переменными резисторами R11 и R12. Резистор R9 ограничивает максимально возможный ток нагрузки, который не должен быть больше предела измерения амперметра.

На ОУ DA1.1, используемом как компаратор напряжения, собран узел контроля температуры транзистора VT4 с автоматическим отключением электронной нагрузки в случае его перегрева. Входы компаратора подключены к диагонали измерительного моста, образованного терморезистором RK1 и резисторами R1—R3. Пока температура теплоотвода транзистора VT4, где установлен терморезистор, не превышает допустимой, мост разбалансирован, так что напряжение на неинвертирующем входе ОУ больше, чем на инвертирующем. Поэтому напряжение на выходе ОУ близко к напряжению питания. Оно поступает на делитель R9R11R12, и электронная нагрузка работает. Индикатор перегрева (светодиод HL1) не светится, потому что транзистор VT1 открыт, а VT2 закрыт.

По мере нагревания транзистора VT4 сопротивление терморезистора RK1 уменьшается. При превышении допустимой температуры полярность напряжения разбаланса моста изменяется, поэтому компаратор переходит в состояние с выходным напряжением, близким к нулю. Нулевым станет и напряжение на неинвертирующем входе ОУ DA1.2 и на его выходе. Транзисторы VT3 и VT4 закроются, и нагрузочный ток прекратится. Закроется также транзистор VT1, а транзистор VT2 откроется. Светодиод HL1 включится, сигнализируя о перегреве.

Температура теплоотвода транзистора VT4 и самого транзистора станет быстро уменьшаться, поскольку вентилятор M1 продолжает работать. Поэтому сопротивление терморезистора RK1 будет расти, и через некоторое время компаратор возвратится в исходное состояние. От сопротивления резистора R6 зависит ширина зоны гистерезиса компаратора. Чем оно больше, тем меньше разница между температурой выключения и включения тока нагрузки. Указанный на схеме номинал этого резистора подобран экспериментально и обеспечивает достаточную для охлаждения транзистора VT4 до рабочей температуры продолжительность отключения нагрузки.

При слишком маленьком внутреннем сопротивлении амперметра может потребоваться усилить снимаемое с него пропорциональное току нагрузки напряжение. Усилитель, схема которого показана на **рис. 2**, следует включить в разрыв провода, соединяющего плюсовой вывод амперметра PA1, и эмиттер транзистора VT4 с инвертирующим входом ОУ DA1.2 и конденсатором C5.

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Здесь дополнительный ОУ DA3.1 работает как неинвертирующий усилитель. Его коэффициент усиления равен R15/R14+1 (при указанных на схеме номиналах резисторов — 11). При необходимости его можно изменить подборкой резистора R15. Если отказаться от температурной защиты транзистора VT4, то усилитель можно собрать на ОУ DA1.1. Тогда дополнительная микросхема DA3 не потребуется, но возникнет опасность отказа электронной нагрузки в результате не замеченного вовремя перегрева транзистора.

О замене микросхемы LM358 подробно рассказано в упомянутой выше статье И. Нечаева. Если в наличии имеется полевой транзистор IRF3205, то лучше заменить им пару транзисторов КТ815Г, КТ819ГМ, вернувшись к прототипу. Можно заменить эту пару и составным транзистором КТ827А. Предельная рассеиваемая мощность и максимальный ток коллектора у него несколько больше, чем у КТ819ГМ (125 Вт и 20 А против 100 Вт и 15 А).

Вместо транзистора КТ815Г допустимо применить КТ817Г. В случае, если транзистор VT4 имеет небольшой коэффициент передачи тока базы, для транзистора VT3 необходим теплоотвод с площадью охлаждающей поверхности 5...6 см^2. Именно так и оказалось в моём случае. КТ815Г имел коэффициент передачи 273, а КТ819ГМ — всего 43, поэтому без теплоотвода КТ815Г ощутимо разогревался при большом токе нагрузки. Имея возможность выбора, желательно подобрать транзисторы с максимальным коэффициентом передачи.

Допускается установка вместо транзисторов КТ815Г и КТ819ГМ однотипных транзисторов с другими буквенными индексами. Но при этом изменится в соответствии с их допустимым напряжением коллектор—эмиттер максимальное допустимое напряжение испытываемого источника. На такое же напряжение должен быть рассчитан и конденсатор С6.

Если достаточно мощности электронной нагрузки до 60 Вт, то можно в качестве VT4 использовать и транзистор серии КТ819 в пластмассовом корпусе. Но при любом применяемом транзисторе нельзя, чтобы рассеиваемая им мощность, равная произведению напряжения проверяемого источника на ток нагрузки, превышала допустимую для этого транзистора.

Транзистор установлен на теплоотвод с вентилятором от процессора компьютера (кулер). Мною был применён кулер с теплоотводом размерами около 70×70 мм, имеющим рёбра высотой около 20 мм, и с соответствующим вентилятором. Использовать кулер желательно, если необходимо создать компактный прибор, не занимающий много места ни на столе для экспериментов, ни на полке во время хранения. В случае использования теплоотвода без принудительного обдува его эффективная поверхность рассеивания для мощности 100 Вт должна быть не менее 1500 см^2. Кроме того, после срабатывания тепловой защиты такой теплоотвод вместе с транзистором будет охлаждаться до момента повторного включения электронной нагрузки довольно долго, а кулер охлаждает транзистор до температуры включения буквально за две-три минуты.

У меня при напряжении 12 В и токе 8 А транзистор КТ819ГМ не нагревался не только до температуры отключения, но даже до температуры, когда к нему невозможно прикоснуться пальцем.

В качестве RK1 использован терморезистор, извлечённый из импульсного блока питания. Его сопротивление при комнатной температуре около 8,2 кОм, а при нагреве паяльником до температуры, когда палец, прижатый к терморезистору, уже не терпит, оно

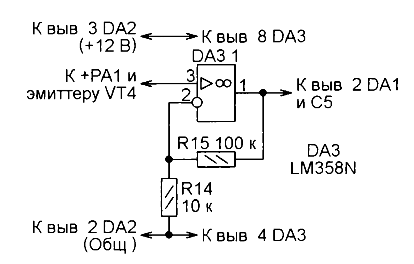


Рис. 2

падает приблизительно до 1,5 кОм. Если сопротивление применяемого терморезистора слишком сильно отличается от указанных значений, придётся подобрать сопротивление резистора R1.

Терморезистор установлен на теплоотводе вблизи транзистора VT4. Он прижат упругой пластиной к теплоотводу через изолирующую прокладку из слюды или фторопластовой плёнки и обильно смазан теплопроводящей пастой.

Амперметр PA1 — цифровой, встраиваемый с пределом измерения 10 А. Он приобретён в интернет-магазине. Кроме того, электронная нагрузка была испытана и прекрасно работала со стрелочным щитовым амперметром Э365 с таким же пределом измерения. Единственный недостаток этого амперметра — его большие размеры. Вольтметр PV1 с пределом измерения 100 В тоже цифровой, встраиваемый из интернет-магазина. Естественно, подойдёт и любой стрелочный вольтметр с соответствующим пределом измерения. Но обращайте внимание на напряжение питания цифровых амперметра и вольтметра. Если 9 В для них недопустимо, придётся позаботиться об источнике соответствующего напряжения.

Вместо светодиода 5613URW-1cd подойдёт любой другой, желательно красного свечения.

Трансформатор Т1 легко подобрать готовый. Напряжение на его вторичной обмотке может находиться в пределах 15...30 В при токе нагрузки 150...250 мА. В основном это ток, потребляемый кулером. Всё остальное потребляет всего несколько миллиампер.

***Прим. ред.** Номинальное напряжение питания большинства компьютерных кулеров — 12 В. Поскольку выпрямленное диодным мостом VD1 напряжение больше, последовательно с электродвигателем кулера следует включить резистор, гасящий избыток напряжения.*

Такой большой разброс напряжения вторичной обмотки трансформатора допустим благодаря применению интегрального стабилизатора КР142ЕН8Б (DA2). При входном напряжении 35 В максимальный ток его нагрузки не должен превышать 0,35 А, что в данном случае вполне достаточно. Конечно, чем больше входное напряжение стабилизатора, тем большим должен быть и его теплоотвод. Поэтому, если делать трансформатор Т1 самостоятельно, лучше всё-таки намотать вторичную обмотку на 15...17 В, тогда стабилизатор КР142ЕН8Б вполне обойдётся без теплоотвода.

Вместо КР142ЕН8Б можно применить импортный интегральный стабилизатор серии 7812. Замена выпрямительного моста КЦ407А — КЦ402 или КЦ405 с любыми буквенными индексами. Пригодны и импортные мосты, например, 2W10M, BR810, RC207. Естественно, можно собрать мост из любых одиночных выпрямительных диодов с обратным напряжением не менее 50 В и допустимым выпрямленным током не менее 500 мА.

Возможно использовать и готовый стабилизированный блок питания с выходным напряжением 12 В при токе не менее 300 мА. Тогда диодный мост VD1 и стабилизатор DA2 из схемы нужно исключить. Такие блоки обычно выполнены в виде адаптеров, вставляемых в сетевую розетку. Они используются повсеместно и, скорее всего, найдутся у каждого радиолюбителя. Можно оставить блок выносным, но если места в корпусе электронной нагрузки достаточно, то лучше, конечно, плату блока питания разместить в её корпусе.

Изготовив электронную нагрузку, следует прежде всего убедиться в правильности монтажа и только после этого переходить к проверке её работоспособности. Подключите к ней источник питания, который будет служить проверяемым, обеспечивая при этом ток, не меньший предела измерения амперметра PA1. Убедитесь, что при вращении ручек переменных резисторов R11 и R12 показания амперметра PA1 изменяются от нуля до максимума.

Затем подберите сопротивление резистора R9 таким, чтобы максимальный ток нагрузки не превышал предел измерения амперметра. Для этого временно замените постоянный резистор R9 подстроечным сопротивлением 10...20 кОм, установив его движок в положение максимального сопротивления. Ручки переменных резисторов R11 и R12 установите в положения, соответствующие максимальному току нагрузки. Подайте на электронную нагрузку напряжение с проверяемого блока питания и, уменьшая сопротивление подстроечного резистора R9,

добейтесь необходимых показаний амперметра. Измерив получившееся сопротивление, замените подстроечный резистор постоянным.

Для установки температуры отключения задайте ток нагрузки 5...6 А и выключите вентилятор кулера. Движок подстроечного резистора R1 установите в положение минимального сопротивления. Температуру желательно контролировать термопарой электронного термометра, прижатой к теплоотводу вблизи транзистора VT4. Если такого термометра нет, придётся это делать наощупь — пальцем.

Когда температура достигнет предельной для транзистора VT4, начните вращать движок подстроечного резистора R1 в сторону увеличения сопротивления, добиваясь скачкообразного изменения напряжения на выходе ОУ DA1.1, сопровождаемого прекращением тока нагрузки. Одновременно должен включиться светодиод HL1. Измерив введённое сопротивление подстроечного резистора R1, его, при желании, можно заменить постоянным резистором ближайшего номинала.

При пользовании электронной нагрузкой не следует забывать, что выходное напряжение проверяемого источника не должно превышать допустимого напряжения коллектор—эмиттер транзисторов VT3 и VT4. При транзисторах, типы которых указаны на схеме, оно не должно быть более 100 В. Как было сказано выше, нельзя забывать и о допустимой мощности, рассеиваемой транзистором VT4.

Необходимо строго соблюдать полярность подключения электронной нагрузки к проверяемому источнику. Для испытания источников переменного напряжения (например, трансформаторов) следует между таким источником и нагрузкой включать выпрямительный мост с соответствующим теплоотводом, например, KBCP 3510W (допустимый ток 35 А) или RBV-1506 (допустимый ток 15 А). Такой мост можно собрать и из отдельных диодов, например, Д242А (100 В,10 А) тоже с теплоотводами.

***Прим. ред.** Необходимо иметь в виду, что при проверке источника синусоидального напряжения (например, трансформатора) потребляемый от него электронной нагрузкой ток имеет прямоугольную форму. Следовательно, условия испытания будут иными, чем при работе на реальную линейную нагрузку. Поэтому, например, по показаниям амперметра PA1 можно судить лишь о приблизительном значении предельного тока нагрузки трансформатора.*

Допустимые ток и напряжение выпрямительного моста или диодов, из которых он собран, не должны быть меньше, чем напряжение и ток нагрузки проверяемого трансформатора. Для проверки электронных трансформаторов, работающих на высокой частоте, выпрямительный мост должен быть собран из мощных диодов, рассчитанных на выпрямление тока повышенной частоты (например, КД213Б), также с теплоотводами.

Если позволяют размеры корпуса электронной нагрузки, выпрямительный мост можно разместить внутри него. Чтобы мост не грелся зря при испытании источников постоянного напряжения, желательно предусмотреть переключатель, подключающий его только для проверки источников переменного напряжения. Естественно, контакты этого переключателя должны выдерживать максимальный ток нагрузки.

В заключение несколько слов об одной особенности описанной конструкции. Нагрузочный ток более 4...5 А в течение одной-двух минут после установки снижается на 80...130 мА и лишь затем остаётся неизменным. Возможно, это объясняется изменением сопротивления амперметра в результате прогрева. При токе до 3...4 А это явление отсутствует, а при 6...10 А изменение тока на 100...150 мА можно считать несущественным. Кроме того, изменившийся ток можно подкорректировать переменным резистором R12.

Встроенный цифровой вольтметр с пределом измерения 400 В

С. МИРОНЕНКО, г. Ейск Краснодарского края

При разработке автором мощного блока питания с регулировкой выходного напряжения в интервале 0...360 В возникла необходимость во встроенном цифровом вольтметре. Задача была решена с помощью микроконтроллера семейства PIC16F87X и ЖКИ, имеющего две строки по 16 символов. Надеемся, этот вольтметр заинтересует читателей.

С помощью предлагаемого прибора можно не только измерять выходное напряжение блока питания, но и поддерживать его заданное значение. Для этого в нём предусмотрена передача в блок питания сигналов о знаке разности между заданным и измеренным значениями напряжения.

Вольтметр построен на микроконтроллере PIC16F873A-I/SP, имеющем десятиразрядный АЦП и достаточное для организации связи с обслуживаемым блоком питания, индикатором и органами управления число линий ввода—вывода. Его описание на русском языке можно найти в документе "PIC16F87X. Однокристальные 8-разрядные FLASH CMOS микроконтроллеры". — URL: **http://www.microchip.ru/files/d-sheets-rus/pic16f87x.pdf** (08.08.17).

Рис. 1

Заданное значение выходного напряжения и результат его измерения отображает символьный ЖКИ WH1602B-YYH-CTK с двумя строками по 16 знакоместа, оснащённый внутренним контроллером, совместимым с HD44780. Знакогенератор ЖКИ должен содержать русские буквы, иначе придётся откорректировать программу микроконтроллера, переведя выводимые на экран надписи на английский язык.

В верхней строке экрана ЖКИ выводится значение напряжения, которое требуется поддерживать, а в нижней строке — его фактическое (измеренное) значение (**рис. 1**). Это позволяет заблаговременно, до включения напряжения, на выходе блока питания установить его нужное значение и в дальнейшем автоматически устранять возможные отклонения.

Принципиальная схема вольтметра показана на **рис. 2**. Он питается стабилизированным постоянным напряжением 5 В, например, от зарядного устройства для сотового телефона. Измеряемое напряжение подают на гнёзда $U_{изм}$. Сопротивление резистора R3 и положение движка подстроечного резистора R1 выбраны с таким расчётом, чтобы обеспечить нужный предел измерения напряжения. Программа микроконтроллера, написанная на языке mikroPascal, позволяет отсчитывать с шагом 1 В напряжение до 511 В. Однако

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

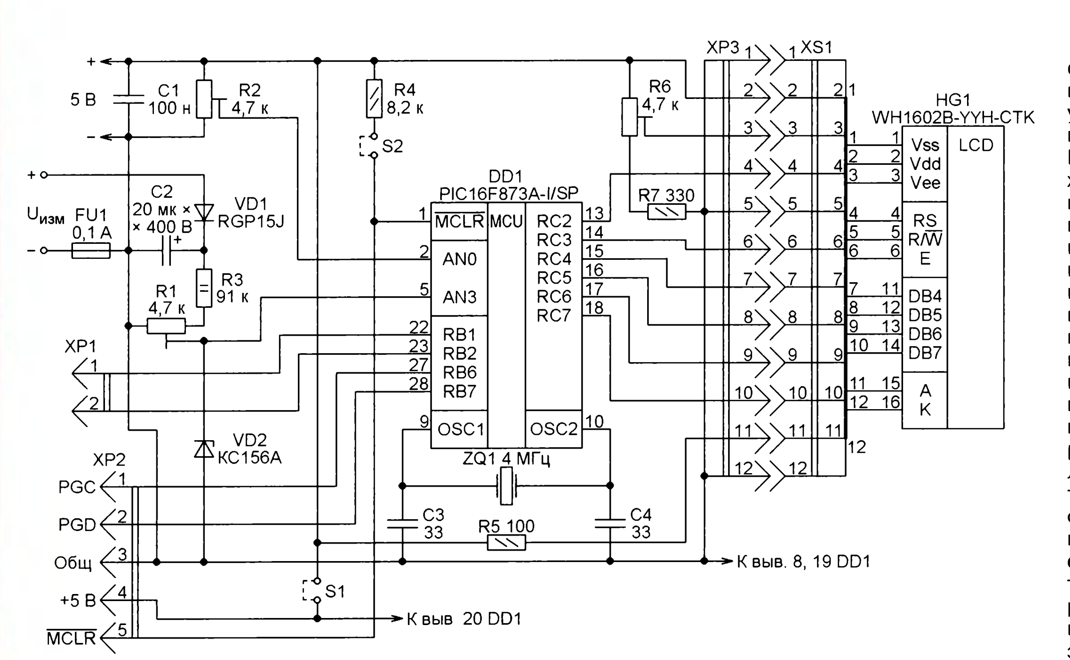
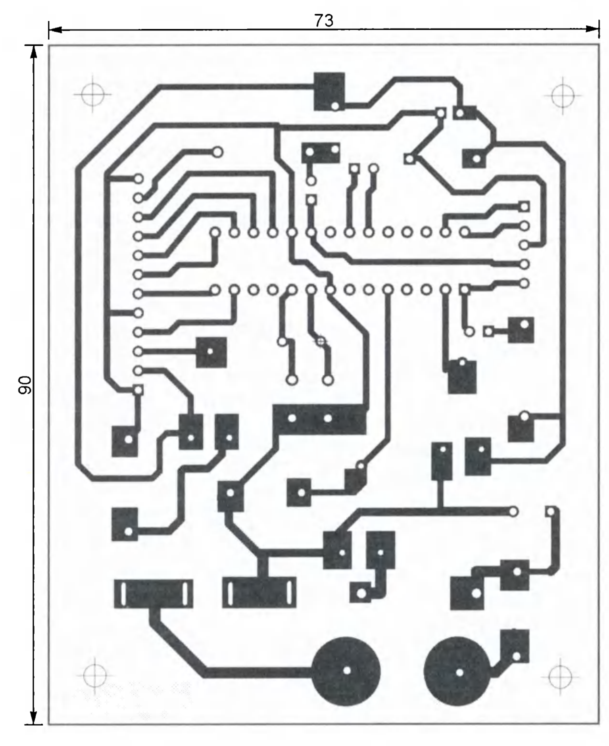


Рис. 2

Выходы RB1 и RB2 служат для организации взаимодействия с устройством управления блоком питания. Высокий уровень на выходе RB1 означает, что измеренное напряжение ниже заданного, а высокий уровень на выводе RB2 свидетельствует об обратной ситуации. Если разница этих напряжений не превышает 0,5 В, на обоих выходах установлены низкие уровни. Возможности микроконтроллера PIC16F873A позволяют при необходимости усложнить интерфейс, использовав в нём четыре оставшиеся свободными линии порта B микроконтроллера. Чертёж печатной платы вольтметра показан на **рис. 3**.



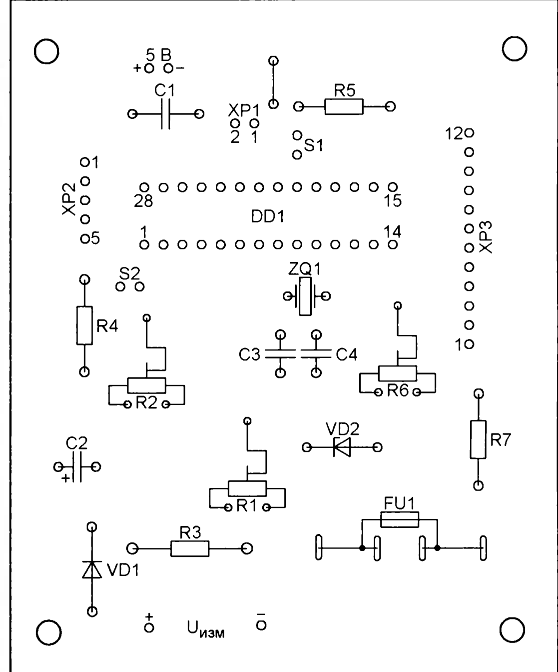


Рис. 3

фактическое измеряемое напряжение ни в коем случае не должно быть больше номинального напряжения конденсатора C2 (400 В). Превышение допустимого напряжения на входе AN3 микроконтроллера предотвращает стабилитрон VD2.

К входу AN0 микроконтроллера подключён движок подстроечного резистора R2, с помощью которого задают значение напряжения, которое необходимо поддерживать на выходе блока питания. Подстроечным резистором R6 регулируют контрастность символов, выводимых на экран ЖКИ.

АЦП микроконтроллеров семейства PIC16F87x — десятиразрядный. Это значит, что интервал его входного напряжения 0...5 В разбит на 1024 уровня квантования, а результат преобразования — десятиразрядное двоичное число в регистрах ADRESH (два старших разряда) и ADRESL (восемь младших разрядов). Программа выполняет операции, нужные для преобразования содержимого этих регистров в коды цифр, выводимых в разряды сотен, десятков и единиц вольт ЖКИ.

Для загрузки в микроконтроллер DD1 программы к разъёму XP2 подключают программатор. Перемычки S1 и S2 при выполнении этой процедуры должны быть сняты. Калибруют прибор, подав на его вход точно известное напряжение и установив подстроечным резистором R1 его значение на экране ЖКИ.

От редакции. *Программа микроконтроллера имеется по адресу* ***ftp://ftp.radio.ru/pub/2017/09/dig-v.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

Частотомер на ПЛИС

П. РЕДЬКИН, г. Ульяновск

Предлагаемая статья содержит описание электронно-счётного частотомера на ПЛИС EP4CE6E22C8N, способного измерять частоту следования импульсов с логическими уровнями от 1 Гц до 250 МГц. Предусмотрена калибровка измерителя.

Большинство электронно-счётных частотомеров строят по принципу "счётчик-делитель частоты + микроконтроллер". При этом функции первичной обработки измеряемого сигнала (счёта) зачастую выполняет ПЛИС, а микроконтроллер реализует функции преобразования полученного результата в удобную для отображения форму, индикации и управления. Особенность предлагаемого устройства состоит в том, что все необходимые функции возложены на ПЛИС. Частота измеряемого сигнала до подачи на ПЛИС не подвергается никакому предварительному делению, что позволяет обеспечить разрешающую способность в единицы герц при измерении частоты до десятков и сотен мегагерц. Применение ПЛИС большой ёмкости позволяет реализовать и несложный пользовательский интерфейс вполне приемлемого качества.

Основные технические характеристики

Измеряемая частота, Гц . . . . .1—250000000
Дискретность измерения частоты, Гц 1
Интервал измерения, с 1
Частота внешнего глобального синхросигнала ПЛИС, МГц .50
Напряжение питания, В . . . . .4,5...6
Потребляемый ток при напряжении питания 5 В, мА:
в отсутствие измеряемого сигнала 140
при частоте измеряемого сигнала 250 МГц 150

В частотомере применён метод прямого подсчёта целых периодов измеряемого сигнала, представляющего собой последовательность импульсов, уровни которых стандартны для логических микросхем с напряжением питания 3,3 В. Для измерения частоты сигналов другой формы (например, синусоидальных) частотомер нужно дополнить входным формирователем импульсов. Результат отображается в формате "F = XXXXXXXXX Hz" на символьном ЖКИ со встроенным контроллером, совместимым с HD44780. Предусмотрены режимы "Измерение" и "Калибровка". Нажатия на кнопки управления подтверждаются звуковыми сигналами — короткими пачками импульсов частотой 1 кГц.

Частотомер имеет пять вспомогательных выходов прямоугольных импульсов стандартных логических уровней, следующих с частотой 250 МГц, 125 МГц, 62,5 МГц, 31,25 МГц и 1 кГц. ПЛИС формирует их из глобального синхросигнала с помощью ФАПЧ и делителей частоты. Эти импульсы могут быть использованы, например, для проверки функционирования частотомера. Структурная схема частотомера показана на **рис. 1**. Она повторяет в основном блок-схему проекта ПЛИС.

После включения питания частотомера необходимо нажать на кнопку "Сброс", чтобы инициализировать ЖКИ и формирователь измерительного и управляющего стробов. При этом на экран ЖКИ на некоторое время будет выведена начальная заставка "FMETER Vx.x", где x.x — номер версии конфигурации ПЛИС. Затем устройство перейдёт к работе в режиме "Измерение", непрерывно отображая текущее значение измеренной частоты в герцах и признак режима — букву I в правой части экрана ЖКИ. Результат измерения обновляется каждую секунду.

Работу частотомера иллюстрируют временные диаграммы, изображённые на **рис. 2**. В режиме "Измерение" импульсы измеряемой частоты через коммутатор поступают на вход логического элемента И, на второй вход которого поданы измерительные стробы — импульсы высокого логического уровня длительностью 1 с. Число периодов измеряемой частоты, прошедших в течение измерительного строба на выход элемента И, подсчитывает блок счётчиков. Спадающий перепад строба заносит содержимое всех счётчиков в девять регистров (от единиц до сотен миллионов герц) блока регистров. Оно остаётся там неизменным до окончания следующего измерительного строба.

Перед началом следующего измерительного строба все счётчики обнуляет спадающий перепад управляющего строба, начинающегося одновременно с измерительным, а заканчивающегося немного позднее. Измерительные и управляющие стробы следуют периодически с очень короткими паузами.

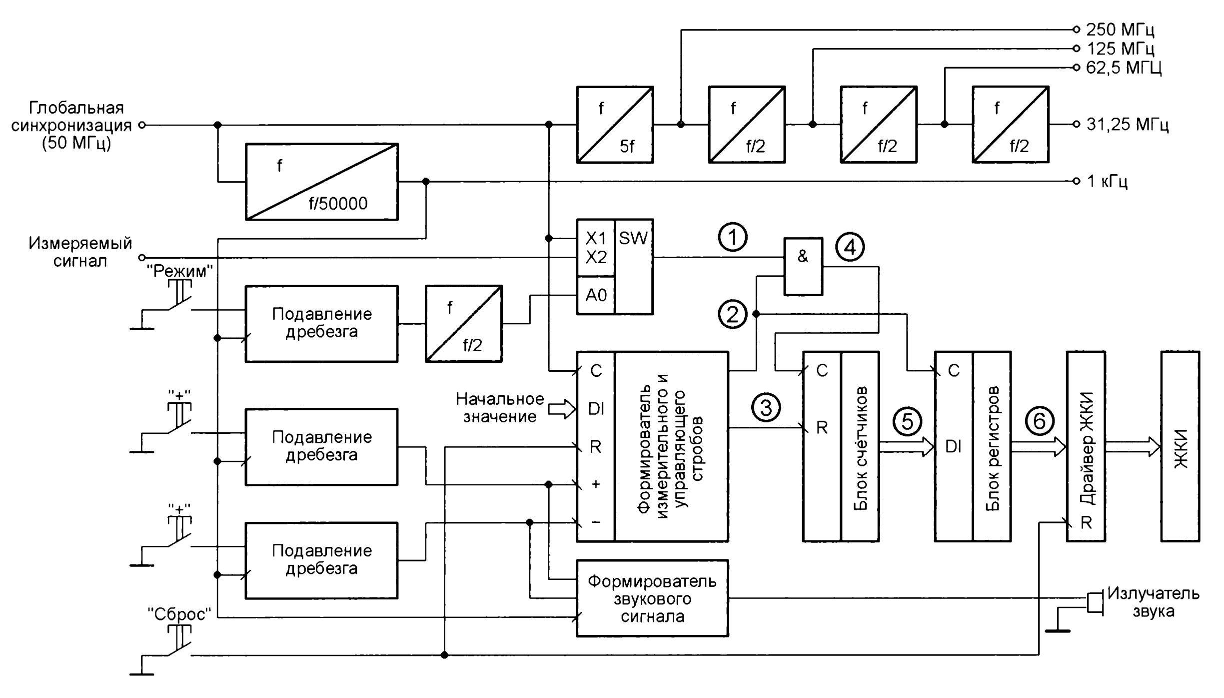


Рис. 1

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Двоично-десятичный код с выходов регистров периодически поступает в ЖКИ. Поскольку длительность измерительного строба равна 1 с, то подсчитанное в течение его число импульсов, следующих с измеряемой частотой, и есть её значение в герцах.

Резисторы, ограничивающие ток светодиодов подсветки, имеются внутри ЖКИ.

При каждом включении питания происходит загрузка в ПЛИС DD1 конфигурации, хранящейся в микросхеме энергонезависимой памяти DS1. Первоначально её заносят в DS1 через разъём "JTAG", например, с помощью кабеля-программатора USB Blaster.



Рис. 2

Для калибровки в устройстве предусмотрена возможность изменения длительности измерительного интервала "на лету". Её исходное значение — 50000000 периодов повторения импульсов глобальной синхронизации ПЛИС. Пользователь может изменить это число с помощью кнопок SB1, SB2 и специально предусмотренного режима "Калибровка", о котором будет рассказано ниже. Из режима "Измерение" в режим "Калибровка" и обратно частотомер переводят нажатиями на кнопку "Режим".

Частотомер построен на недорогой ПЛИС EP4CE6E22C8N семейства Cyclone-IV E. При сборке макета была использована такая ПЛИС, установленная на отладочной плате Core EP4CE6 [1]. В свою очередь, плата Core EP4CE6 соединена с отладочной платой DVK601 [2]. К плате DVK601 подключён также символьный двухстрочный ЖКИ HJ1602ZFA с трёхвольтным питанием и встроенной подсветкой экрана. Внешний вид макета частотомера показан на **рис. 3**. На **рис. 4** изображена принципиальная схема частотомера, которая может быть использована для изготовления устройства без плат Core EP4CE6 и DVK601.

В макете функции кнопок SB1 "+" и SB2 "−" выполняют позиции "вверх" и "вниз" имеющегося на плате DVK601 манипулятора "джойстик". Кнопку SB3 "Режим" имитирует нажатие на этот манипулятор. Когда кнопки SB1—SB3 не нажаты, высокие логические уровни на входах ПЛИС, к которым они подключены, поддерживают внутренние резисторы ПЛИС. Кнопка SB4 "Сброс" ("RESET") предусмотрена на плате Core EP4CE6.

Микросхема ПЛИС DD1 работает от источников напряжения +3,3 В, +2,5 В и +1,2 В — соответственно интегральных стабилизаторов DA2, DA1 и DA3. Внешнее питающее напряжение 4,5...6 В поступает на входы стабилизаторов DA1, DA2. На катоды светодиодов подсветки экрана ЖКИ (вывод K HG1) подано установленное на выводе 115 ПЛИС напряжение низкого логического уровня. На аноды этих светодиодов (вывод A HG1) напряжение высокого логического уровня поступает с вывода 114 ПЛИС.

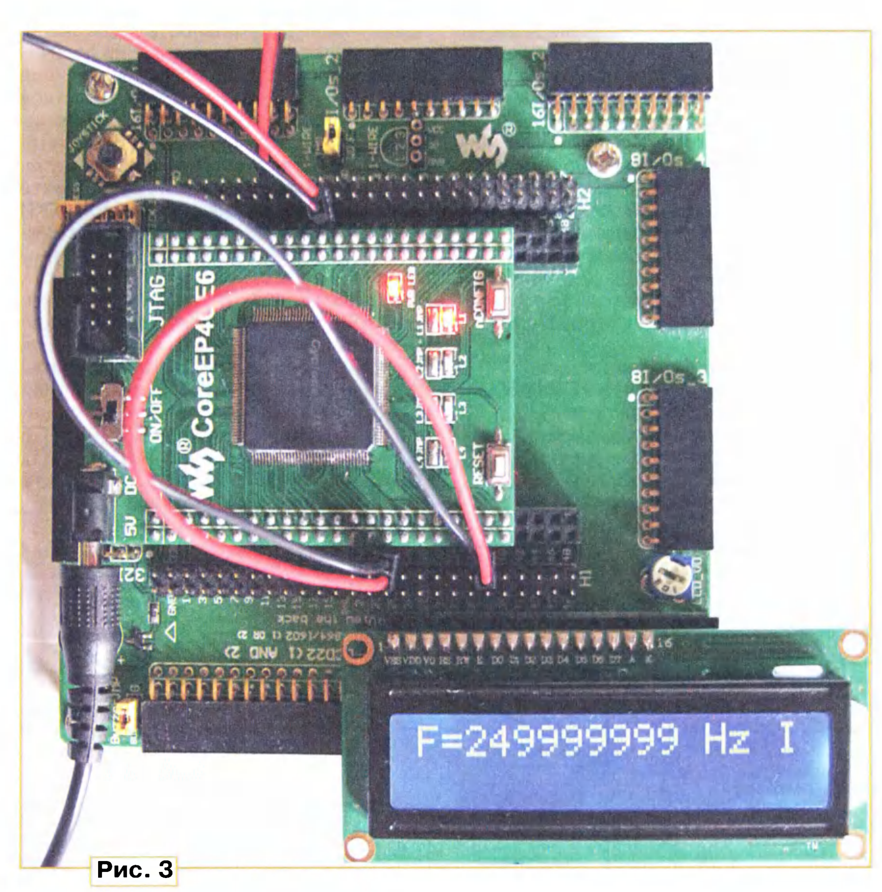


Рис. 3

Внешний глобальный сигнал синхронизации ПЛИС частотой 50 МГц вырабатывает интегральный кварцевый генератор G1. Тип этого генератора, установленного на плате Core EP4CE6, автору определить не удалось. Подойдёт любой достаточно стабильный генератор этой частоты с напряжением питания +3,3 В. Необходимо заметить, что от температурной и временной стабильности частоты синхросигнала напрямую зависит точность измерений.

HA1 — любой маломощный электромагнитный излучатель звука с обмоткой сопротивлением 20...30 Ом. Светодиод HL1 сигнализирует о наличии напряжения питания. Светодиод HL2 включается после успешного завершения инициализации ПЛИС.

Упомянутые компоненты на платах Core EP4CE6 и DVK601 имеются. Все выводы ПЛИС, а также цепи внешнего питания, напряжения +3,3 В и общего провода на плате Core EP4CE6 выведены на два многоконтактных разъёма, что позволяет стыковать её с внешними устройствами, в том числе с платой DVK601. На плате DVK601 сигналы с ответных частей этих разъёмов, в свою очередь, разведены на разъёмы, размещённые по периметру платы и предназначенные для подключения различных внешних устройств. Следует отметить, что соединительные разъёмы плат на схеме рис. 4 не показаны, а позиционные обозначения элементов не соответствуют надписям на этих платах.

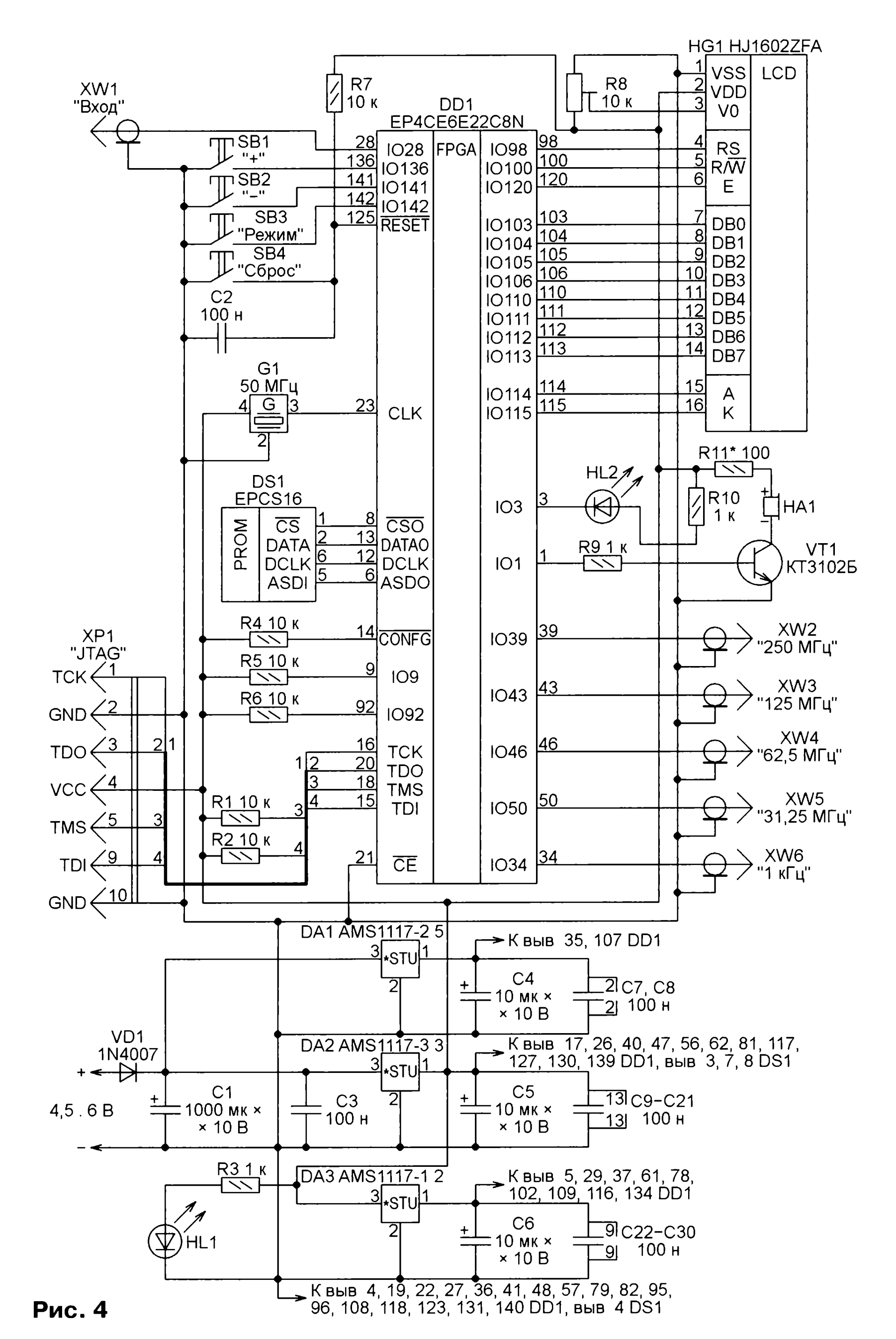


Рис. 4

Использованная плата DVK601 была немного доработана. Установлен резистор R11 (Buzzer.R1 согласно обозначению на плате), который изготовитель платы заменил перемычкой. Имеющийся на плате резистор R9 (Buzzer.R2) сопротивлением 500 Ом заменён резистором сопротивлением 1 кОм. До проведения этих доработок узел на транзисторе VT1 самовозбуждался.

Была доработана и плата Core EP4CE6. На ней перерезан печатный проводник между выводом 101 ПЛИС и контактом разъёма. Освободившийся контакт разъёма соединён навесным проводом с выводом 120 ПЛИС и использован для подключения входа E ЖКИ.

Налаживание частотомера сводится к установке требуемой громкости звуковых сигналов подборкой резистора R11 и оптимальной контрастности изображения на экране ЖКИ HG1 подстроечным резистором R8.

Проект ПЛИС частотомера написан на алгоритмическом языке Verilog HDL. Он состоит из модуля верхнего уровня (файл FMETER_2.v), модуля умножителя частоты синхронизации (файл PLL2.v), модуля подавления дребезга кнопок (файл noise_filter_butt.v) и модуля формирования первичных сигналов "озвучивания" кнопок (файл buzzer_butt.v).

Модуль верхнего уровня содержит формирователь измерительного и управляющего стробов, блок счётчиков импульсов измеряемой частоты, мультиплексор входного сигнала с логическим элементом И, блок опроса кнопок управления, контроллер ЖКИ, оконечный формирователь сигналов "озвучивания" кнопок.

Как уже было сказано, формирование измерительного и управляющего стробов начинается одновременно. Но заканчивается управляющий строб на несколько периодов образцовой частоты позже измерительного. Его назначение — обнулить своим спадающим перепадом счётчики измеряемой частоты до начала следующего измерительного строба.

В качестве глобального синхросигнала и сигнала образцовой частоты использован внешний синхросигнал clk частотой 50 МГц. Этот же синхросигнал служит входным для встроенной системы умножения частоты на пять с помощью ФАПЧ. Выходной сигнал этой системы clk_pll_2, имеющий частоту 250 МГц, подан на вывод 39 ПЛИС. Выходные сигналы частотой 125 МГц, 62,5 МГц, 31,25 МГц получены делением частоты сигнала clk_pll_2. Сигнал частотой 1 кГц получен делением частоты синхросигнала clk. Он предназначен для подавления дребезга кнопок и "озвучивания" нажатий на них, а также подан на вывод 34 ПЛИС.

Реализация формирователя измерительного и управляющего стробов в проекте ПЛИС показана в **табл. 1**, где

clk — сигнал образцовой частоты (глобальный синхросигнал);

nrst — сигнал от кнопки "Сброс";

strob — измерительный строб;

strob_count — управляющий строб;

counter_time — счётчик, формирующий измерительный и управляющий стробы;

data_fx_in_ed, data_fx_in_des, data_fx_in_sot, data_fx_in_tis, data_fx_in_dtis, data_fx_in_stis, data_fx_in_mill, data_fx_in_dmill, data_fx_in_smill — регистры захвата и хранения измеренного значения частоты входного сигнала;

time_strob_reg — регистр текущего состояния счётчика длительности измерительного строба.

Коммутатор сигнала, частота которого измеряется, и логический элемент И реализованы в проекте ПЛИС, как показано в **табл. 2**, где

strob_fx_in — пачка импульсов счётной частоты, разрешённых измерительным стробом strob;

fx_in — импульсы измеряемой частоты;

mode — признак режима работы, имеющий значения 0 и 1, сменяющиеся при каждом нажатии на кнопку "Режим".

Реализация в проекте ПЛИС блока счётчиков измеряемой частоты приведена в **табл. 3**, где

count_fx_in_ed, count_fx_in_des, count_fx_in_sot, count_fx_in_tis, count_fx_in_dtis, count_fx_in_stis, count_fx_in_mill, count_fx_in_dmill, count_fx_in_smill — двоично-десятичные счётчики соответственно единиц, десятков, сотен, тысяч, десятков тысяч, сотен тысяч, миллионов, десятков миллионов и сотен миллионов;

MAX_DEC — константа предела счёта, равная 9.

Блок опроса кнопок управления реализован в проекте ПЛИС, как показано в **табл. 4**, где

clk_1kHz — внутренний синхросигнал частотой 1 кГц;

TIME_STROB — константа начального значения длительности измерительного строба, равная 50000000;

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Таблица 1

```
//-----------------------------------------
//Получение временных меток -
//стробов длительностью 1 с
always @(posedge  clk)
begin
 if (!nrst)
  begin
//Сбросить основной и вспомогательный стробы
   strob <= 0;
   strob_count <= 0;
//Обнулить счетчик формирования стробов
   counter_time <= 0;
//Обнулить регистры захвата
   data_fx_in_ed <= 0;
   data_fx_in_des <= 0;
   data_fx_in_sot <= 0;
   data_fx_in_tis <= 0;
   data_fx_in_dtis <= 0;
   data_fx_in_stis <= 0;
   data_fx_in_mill <= 0;
   data_fx_in_dmill <= 0;
   data_fx_in_smill <= 0;
  end
//Накопление "тела" строба
 counter_time <= counter_time + 1;
 case(counter_time)
  1: begin strob <= 1;  strob_count <= 1; end
//Установить основной и вспомогательный стробы
  (time_strob_reg + 1): begin
//Захват подсчитанного значения в регистры
   data_fx_in_ed <= count_fx_in_ed;
   data_fx_in_des <= count_fx_in_des;
   data_fx_in_sot <= count_fx_in_sot;
   data_fx_in_tis <= count_fx_in_tis;
   data_fx_in_dtis <= count_fx_in_dtis;
   data_fx_in_stis <= count_fx_in_stis;
   data_fx_in_mill <= count_fx_in_mill;
   data_fx_in_dmill <= count_fx_in_dmill;
   data_fx_in_smill <= count_fx_in_smill;
   strob <= 0;  //обнуление основного строба
  end
//Обнуление вспомогательного строба
  (time_strob_reg + 5): begin
   strob_count <= 0;
  end
//Конец накопление строба
  (time_strob_reg + 10): begin
   counter_time <= 0;
  end
 endcase
end
//-----------------------------------------
```

Таблица 2

```
//-----------------------------------------------------------
assign strob_fx_in = strob & ((fx_in & ~mode)|(clk & mode));
//-----------------------------------------------------------
```

Таблица 3

```
//-------------------------------------------------------
//Подсчёт импульсов измеряемой частоты,
//за время основного строба
always @(posedge strob_fx_in or negedge strob_count)
begin
 if(!strob_count)
  begin
//Обнуление счетчиков импульсов измеряемой частоты
//при низком уровне вспомогательного строба
   count_fx_in_ed <= 0;
   count_fx_in_des <= 0;
   count_fx_in_sot <= 0;
   count_fx_in_tis <= 0;
   count_fx_in_dtis <= 0;
   count_fx_in_stis <= 0;
   count_fx_in_mill <= 0;
   count_fx_in_dmill <= 0;
   count_fx_in_smill <= 0;
  end
 else
//Счёт импульсов измеряемой частоты
//в основном стробе
  begin
   count_fx_in_ed <= count_fx_in_ed + 1;
   if (count_fx_in_ed == MAX_DEC)
    begin
     count_fx_in_ed <= 0;
     count_fx_in_des <= count_fx_in_des + 1;
     if (count_fx_in_des == MAX_DEC)
      begin
       count_fx_in_des <= 0;
       count_fx_in_sot <= count_fx_in_sot + 1;
       if (count_fx_in_sot == MAX_DEC)
        begin
         count_fx_in_sot <= 0;
         count_fx_in_tis <= count_fx_in_tis + 1;
         if (count_fx_in_tis == MAX_DEC)
          begin
           count_fx_in_tis <= 0;
           count_fx_in_dtis <= count_fx_in_dtis + 1;
           if (count_fx_in_dtis == MAX_DEC)
            begin
             count_fx_in_dtis <= 0;
             count_fx_in_stis <= count_fx_in_stis + 1;
             if (count_fx_in_stis == MAX_DEC)
              begin
               count_fx_in_stis <= 0;
               count_fx_in_mill <= count_fx_in_mill + 1;
                if (count_fx_in_mill == MAX_DEC)
                 begin
                  count_fx_in_mill <= 0;
                  count_fx_in_dmill <= count_fx_in_dmill + 1;
                  if (count_fx_in_dmill == MAX_DEC)
                   begin
                    count_fx_in_dmill <= 0;
                    count_fx_in_smill <= count_fx_in_smill + 1;
                   end
                 end
              end
           end
         end
       end
     end
   end
  end
end
//------------------------------------------------------------
```

DELTA_STROB — константа элементарного приращения длительности измерительного строба при калибровке, равная 1;

edge_noise_key[0], edge_noise_key[1], edge_noise_key[4] — импульсы низкого логического уровня длительностью в один период частоты clk_1kHz, формируемые в ПЛИС при нажатии на соответствующие кнопки;

en_buzzer_key[0], en_buzzer_key[1], en_buzzer_key[4] — первичные сигналы, разрешающие "озвучивание" нажатий на кнопки.

Оконечный формирователь звуковых сигналов от кнопок реализован в проекте ПЛИС, как показано в **табл. 5**, где buzzer — выходной сигнал звуковой частоты.

Реализация драйвера ЖКИ на языке Verilog HDL ввиду громоздкости в статье не приводится. С ней можно ознакомиться в проекте ПЛИС, целиком приложенном к статье. Проект разработан в среде Quartus II бесплатной web-версии 13.0. Конфигурация ПЛИС EP4CE6E22C8N согласно этому проекту занимает около 12 % её ёмкости.

В исходных текстах модулей проекта ПЛИС имеется несколько констант parameter, изменяя значения которых можно адаптировать конфигурацию ПЛИС под свои нужды.

Константой POROG_IMP = 100 задано число периодов синхросигнала частотой 1 кГц, которому равна длительность пачки импульсов "озвучивания" нажатия на кнопку. Подборкой её значения изменяют длительность звуковых сигналов (по умолчанию 0,1 с).

Константой POROG = 100 задано число импульсов синхросигнала частотой 1 кГц, после подсчёта которых ПЛИС принимает решение о пропуске сигнала от нажатой кнопки на управляемый им блок. Подборкой этого параметра добиваются надёжного подавления дребезга контактов кнопок различных типов и размеров.

Помимо узлов подавления дребезга, в ПЛИС синтезированы узлы формирования импульсов нажатий на кнопку, длительность которых строго равна одному периоду синхросигнала частотой 1 кГц. Они нужны для того, чтобы независимо от продолжительности удержания кнопки нажатой реакция на её нажатие происходила однократно.

Сигнал от кнопки key_in (активный уровень — низкий), содержащий дребезг, подвергается цифровой фильтрации. По спадающему перепаду отфильтрованного от дребезга сигнала noise_key_out (активный уровень — низкий) формируется короткий импульс низкого логического уровня edge_noise_key_out длительностью ровно в один период внутреннего синхросигнала частотой 1 кГц clk_1kHz, причём его

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

середина совпадает с нарастающим перепадом импульса clk_1kHz. В списке чувствительности блока, реализующего реакцию устройства на нажатие этой кнопки, содержится нарастающий перепад синхросигнала clk_1kHz.

Погрешность измерений частоты описываемым частотомером имеет следующие основные составляющие:

— методическую, равную одному-двум периодам измеряемой частоты;

— систематическую, обусловленную постоянным отличием частоты глобального синхросигнала ПЛИС от номинального значения;

— случайную, обусловленную температурной и временной нестабильностью частоты глобального синхросигнала ПЛИС.

При измерении частоты выше нескольких тысяч герц методической погрешностью можно пренебречь. Но на частоте в десятки или единицы герц относительная погрешность, вносимая этой составляющей, будет значительной и тем больше, чем ниже измеряемая частота. Например, результатом измерения частоты 1,5 Гц может быть и 1 Гц, и 2 Гц. Эта погрешность не может быть скомпенсирована калибровкой, поскольку обусловлена применяемым методом измерения и выбранной длительностью измерительного интервала.

С целью минимизации систематической и случайной составляющих погрешности в частотомере предусмотрены два вида калибровки: постоянная и кратковременная.

Постоянная калибровка компенсирует систематическую составляющую погрешности. Её выполняют однократно в начале эксплуатации частотомера, но по мере необходимости её можно повторять. На вход частотомера подают эталонный сигнал, частота которого (предпочтительно не ниже нескольких десятков мегагерц) точно известна. На ЖКИ частотомера её значение будет отображено с некоторой постоянной ошибкой, обусловленной систематической погрешностью. С помощью кнопок SB1 и SB2 добиваются, чтобы измеренное значение частоты как можно точнее совпало с известным эталонным значением. Каждое нажатие на кнопку SB1 или SB2 соответственно увеличивает или уменьшает на единицу число периодов глобального синхросигнала ПЛИС, образующих измерительный интервал. Этим добиваются максимально близких к правильным показаний.

По умолчанию измерительный интервал состоит из 50000000 периодов глобального синхросигнала. Следовательно, дискретность его подстройки будет равна 1/50000000 исходной длительности. Например, при эталонной частоте 250 МГц её значение на экране ЖКИ будет изменяться с шагом 5 Гц, а на частоте 100 Гц шаг уменьшится до 2 Гц. После установки нужного значения необходимо однократным нажатием на кнопку SB3 перевести частотомер в

Таблица 4

```
//-------------------------------------------
//Опрос  кнопок управления
always @(posedge clk_1kHz or negedge nrst)
begin
 if (!nrst)
//Если нажата кнопка "Сброс"
  begin
//Задать нач. значение длительности строба
   time_strob_reg <= TIME_STROB;
  end
 else if (edge_noise_key[0] == 0)
//Если нажата кнопка "+"
  begin
//Единичный импульс разрешения звука от кнопки
   en_buzzer_key[0] <= 1;
//Изменение длительности строба
   time_strob_reg <= time_strob_reg + DELTA_STROB;
  end
 else if (edge_noise_key[1] == 0)
//Если нажата кнопка "-"
  begin
//Единичный импульс разрешения звука от кнопки
   en_buzzer_key[1] <= 1;
//Изменение длительности строба
   time_strob_reg <= time_strob_reg - DELTA_STROB;
  end
 else if (edge_noise_key[4] == 0)
//Если нажата кнопка "Режим"
   begin
//Единичный импульс разрешения звука от кнопки
    en_buzzer_key[4] <= 1;
    mode <= ~mode; //Сменить режим противоположным
   end
 else
//Если не нажата ни одна кнопка
  Begin
//Прекратить единичные импульсы звука от кнопок
   en_buzzer_key[0] <= 0;
   en_buzzer_key[1] <= 0;
   en_buzzer_key[4] <= 0;
  end
end
//-------------------------------------------
```

Таблица 5

```
//-------------------------------
//Назначение источников управления
//выходом звука:
assign buzzer =
 ((clk_1kHz & en_buzzer_button[0]) |
 (clk_1kHz & en_buzzer_button[1]) |
 (clk_1kHz & en_buzzer_button[4]));
//-------------------------------
```

режим "Калибровка". При этом внутри ПЛИС на выход коммутатора будет выведена уже не измеряемая частота, а частота глобальной синхронизации, значение которой отобразится на экране ЖКИ с учётом внесённой поправки. В правой части экрана будет выведен признак калибровки — буква К.

Для завершения калибровки это значение необходимо присвоить константе TIME_STROB в исходном тексте проекта ПЛИС, а затем выполнить повторную компиляцию проекта и загрузить полученный файл в конфигурационную память ПЛИС, как описано в [3]. В результате её изменения длительность измерительного интервала будет содержать поправку, компенсирующую отклонение частоты применённого генератора внешнего глобального синхросигнала ПЛИС от 50 МГц. Систематическая погрешность будет устранена. Шаг изменения длительности измерительного строба при калибровке при необходимости можно изменить. Он записан в константе DELTA_STROB и по умолчанию равен одному периоду частоты глобальной синхронизации.

Следует учитывать, что после выполнения постоянной калибровки частотомера результаты измерения им самим частоты импульсов на разъёмах XW2—XW6 будут отличаться от её фактических значений. Это связано с тем, что калибровка изменяет длительность измерительного строба, но оставляет неизменной частоту сигнала глобальной синхронизации, из которого формируются сигналы, выведенные на эти разъёмы.

Кратковременная калибровка предназначена для минимизации составляющей погрешности, обусловленной температурной и временной нестабильностью образцовой частоты. Её следует выполнять непосредственно перед ответственным измерением, чтобы добиться минимально возможной погрешности в данный момент времени при данной температуре окружающей среды.

Для кратковременной калибровки подайте на вход частотомера сигнал эталонного (желательно термостабильного) генератора частотой несколько десятков мегагерц. Затем с помощью кнопок SB1 и SB2 приведите показания ЖКИ в соответствие со значением эталонной частоты, компенсируя этим текущий температурный и временной уход образцовой частоты частотомера. Далее отключите от входа частотомера источник эталонной частоты, подключите к этому входу источник измеряемого сигнала и прочитайте на экране ЖКИ результат измерения. Перехода в режим "Калибровка" в этом случае не требуется.

Результат кратковременной калибровки в отличие от результата постоянной, внесённой в конфигурацию ПЛИС, не сохраняется при выключении питания частотомера. В тех случаях, когда к погрешности измерений не предъявляется особых требований, кратковременную калибровку можно вообще не проводить.

ЛИТЕРАТУРА

1. OpenEP4CE6-C. — URL: **http://www.waveshare.com/wiki/OpenEP4CE6-C** (21.06.17).

2. DVK601 description. — URL: **http://www.waveshare.com/dvk601.htm** (21.06.17).

3. **Редькин П.** Три варианта электронных часов с будильником на ПЛИС. — Радио, 2017, № 5, с. 37—43.

__От редакции.__ Проект ПЛИС частотомера имеется по адресу __ftp://ftp.radio.ru/pub/2017/09/FPGAfmtr.zip__ на нашем FTP-сервере.

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Усилитель ЗЧ в системном блоке компьютера

В. ПЛАТОНЕНКО, г. Набережные Челны, Татарстан

Поводом для изготовления предлагаемой конструкции стала очередная неисправность активной акустической системы "Genius". Повторно вышел из строя трансформатор питания, который уже заменяли несколько месяцев назад. Возможность применения более мощного трансформатора отсутствовала, поэтому было решено установить плату УМЗЧ этой акустической системы в системный блок компьютера и использовать для её питания имеющееся в компьютере напряжение +12 В. Усилитель был помещён в корпус неисправного привода CD-ROM, при этом были использованы все необходимые для связи с компьютером разъёмы платы последнего.

XP1
+12 В 1
Общ. 2
L1'
L2'
C1' 100 н
C15 220 мк × × 25 В
SA1 "Power"
C16 100 мк × × 25 В
HL1 "Power"
R11 2 к
К выв. 4 BA5417
К выв 8 BA5417
К выв 14, 15 BA5417

Рис. 1

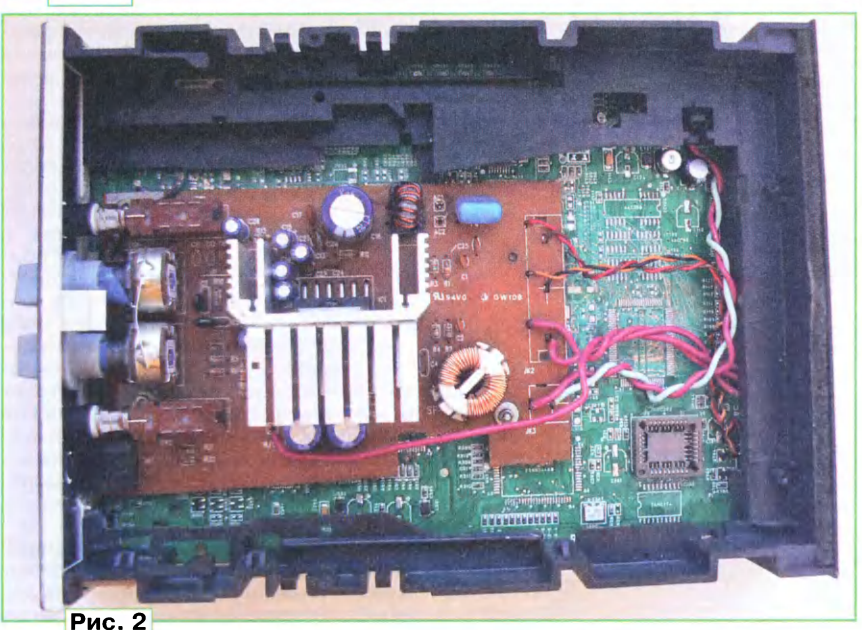


Рис. 2

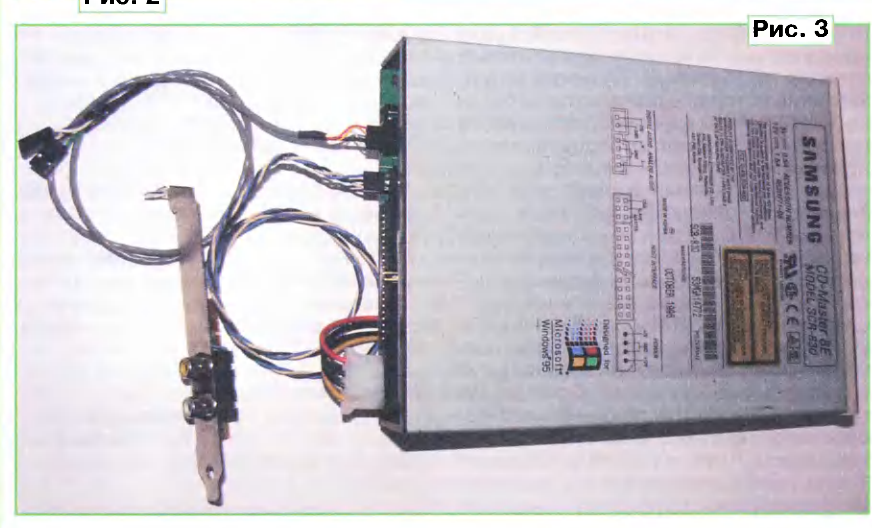


Рис. 3

Однако прямое подключение усилителя к шине питания +12 В оказалось невозможным из-за большого уровня помех на этой шине. Поэтому была организована дополнительная фильтрация питания. Схема фильтра и его подключения к усилителю показана на **рис. 1**. Здесь XP1 — разъём питания привода CD-ROM, а конденсаторы C15, C16, светодиод HL1, резистор R11, выключатель SA1 и микросхема BA5417 — элементы УМЗЧ "Genius".

Дополнительный фильтр состоит из дросселей L1', L2' и конденсатора C1'. Он оказался достаточно эффективным при минимальном падении напряжения питания на нём [1]. Двухобмоточный дроссель L1' содержит 2×30 витков провода ПЭЛ диаметром 0,7 мм, а дроссель L2' — 9 витков такого же провода диаметром 1 мм. Конденсатор C1' — К73-9. В конструкции были применены готовые дроссели на кольцевых магнитопроводах от импульсных блоков питания.

На **рис. 2** изображён общий вид платы усилителя, установленной в корпус привода CD-ROM. К теплоотводу микросхемы BA5417 прикреплён дополнительный "флажок" для улучшения отвода тепла. Эта мера полезна при применении низкоомных динамических головок. Детали дополнительного фильтра размещены на плате усилителя, с которой удалены трансформатор и другие детали имевшегося на ней узла питания. Выводы дросселя L2' и конденсатор C1' впаяны в отверстия от выводов демонтированных диодов выпрямителя, а дроссель L1' установлен на освободившемся от трансформатора месте платы. Выводы этого дросселя не должны контактировать с проходящими рядом печатными проводниками. Поэтому печатные проводники аккуратно подрезаны, а затем восстановлены навесными проводами.

На **рис. 3** показано, каким образом к приводу CD-ROM подключены разъёмы. Выходные разъёмы для соединения с громкоговорителями установлены на планке от сетевой карты, которую закрепляют в корпусе системного блока компьютера стандартным способом. Входной разъём усилителя соединяют экранированным кабелем с разъёмом F_AUDIO интегрированной звуковой карты материнской платы компьютера или с выходом подключённой к ней звуковой карты. Последний вариант позволяет получить лучшие результаты, хотя технические характеристики интегрированных звуковых карт постоянно улучшаются.

На **рис. 4** приведён общий вид готового изделия. Отверстия в передней панели корпуса привода CD-ROM закрыты накладкой, изготовленной из упаковки DVD. Такое расположение оперативных регулировок усилителя даёт ряд эксплуатационных преимуществ.

Применение мощного стабилизированного источника питания с дополнительной фильтрацией положительно сказалось на качестве работы усилителя. Контрольное прослушивание с акустическими колонками от электрофона "Аккорд", а затем и с громкого-

Рис. 4



ворителями "Радиотехника S-50" показало отличное качество звука. Мощности усилителя более чем хватало для озвучивания комнаты площадью 20 м^2.

Описание аналогичного по назначению устройства было опубликовано в [2]. Но там не принято никаких мер для фильтрации питающего напряжения. Возможно, это очень удачный случай, но вряд ли он может повториться. Помехи по питанию неизбежны. Также настораживает рекомендация автора при повышении мощности усилителя устанавливать в компьютер блок питания мощностью 600 Вт и обдувать вентилятором теплоотвод микросхемы усилителя. Частота вращения крыльчатки вентилятора, отводящего с такого теплоотвода мощность 2×25 Вт, вряд ли будет менее 1000 мин$^{-1}$ с соответствующим уровнем шума. Рациональнее поместить всю эту конструкцию в отдельный корпус с подходящим теплоотводом и блоком питания, но без вентилятора — источника дополнительного шума.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Куличков А. В.** Импульсные блоки питания для IBM PC. — М.: "ДМК пресс", 2000. — URL: **http://fictionbook.ru/static/trials/00/63/27/00632735.a4.pdf** (24.05.17).

2. **Карпунин И.** УМЗЧ в системном блоке компьютера. — Радио, 2017, № 3, с. 28, 29.

Сопряжение АЦП с микроконтроллерами AVR

Н. САЛИМОВ, г. Ревда Свердловской обл.

Микроконтроллеры AVR семейств tiny и mega имеют встроенные десятиразрядные аналого-цифровые преобразователи, что в целом очень удобно для создания различных измерительных устройств на основе микроконтроллеров. Но нередко требуется выполнять аналого-цифровое преобразование с более высокой разрядностью, точностью или скоростью. Для этого нужно подключить к микроконтроллеру внешний АЦП с соответствующими параметрами. В статье приведены примеры сопряжения трёх различных АЦП с микроконтроллером ATmega8.

Для экспериментов с различными внешними АЦП был изготовлен по схеме, изображённой на **рис. 1**, модуль, содержащий микроконтроллер ATmega8L-8PI и буквенно-цифровой ЖКИ МТ-10S1, позволяющий отображать на своём экране строку из десяти символов. К этому модулю подключались для исследования различные микросхемы АЦП, для работы с каждой из которых в программную память микроконтроллера загружалась специально разработанная демонстрационная программа, превращающая устройство в простой цифровой милливольтметр постоянного тока.

Рис. 1

Схема подключения к микроконтроллерному модулю 12-разрядного АЦП AD7896AN [1] показана на **рис. 2**. Особенность этого АЦП — использование напряжения питания в качестве образцового. Поэтому здесь он питается от параллельного стабилизатора на микросхеме TL431. При напряжении питания 4,096 В цена младшего разряда выходного кода АЦП равна 1 мВ.

Точное значение напряжения питания устанавливают подстроечным резистором R1. Результат преобразования поступает в микроконтроллер по последовательному интерфейсу, образованному линиями PB5 (SCK) и PB4 (MISO). Микроконтроллер подаёт АЦП команду запуска преобразования по линии PB0 и принимает сигнал о его завершении по линии PB1.

Демонстрационная программа Vmeter_AD7896 запускает АЦП и выводит полученный результат в виде десятичного числа на ЖКИ HG1 микроконтроллерного модуля. Для исключения миганий индикатора предусмотрена секундная задержка между измерениями. Последовательный интерфейс реализован программно, поскольку обнаружилось, что принятые от АЦП аппаратным модулем SPI микроконтроллера данные некорректны — результат измерения удвоен. Причина этого ещё подлежит выяснению.

Схема подключения к микроконтроллерному модулю 12-разрядного АЦП MCP3201 [2] показана на **рис. 3**. Он имеет дифференциальный вход преобразуемого напряжения, что не исключает возможности работы в однополярном режиме при соединении входа IN– с общим проводом.

Этому АЦП требуется отдельный источник образцового напряжения, кото-

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

рым в рассматриваемом случае служит микросхема REF3030 с типовым значением выходного напряжения 3 В. Более удобным было бы применить аналогичную микросхему REF3040, дающую образцовое напряжение 4,096 В, как в предыдущем случае, но найти такую микросхему не удалось.

Если перемычка S1 установлена в положение 2-3, входное напряжение поступает на вход АЦП напрямую с Входа 1. Когда она в положении 1-2, напряжение на вход АЦП проходит с Входа 2 через ФНЧ с частотой среза 10 Гц и коэффициентом передачи 1 на ОУ DA1. Устанавливать на входе АЦП фильтр или повторитель напряжения на ОУ рекомендуется, если источник сигнала "шумит" или имеет высокое выходное сопротивление.

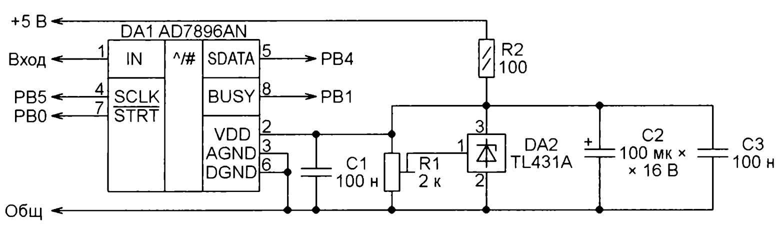


Рис. 2

Передача информации из АЦП в микроконтроллер организована по последовательному интерфейсу, использующему линии PB5 (SCK), PB4 (MISO) и PB2 (CS). Низкий уровень сигнала CS, устанавливаемый микроконтроллером, разрешает АЦП приём и передачу информации по последовательному интерфейсу.

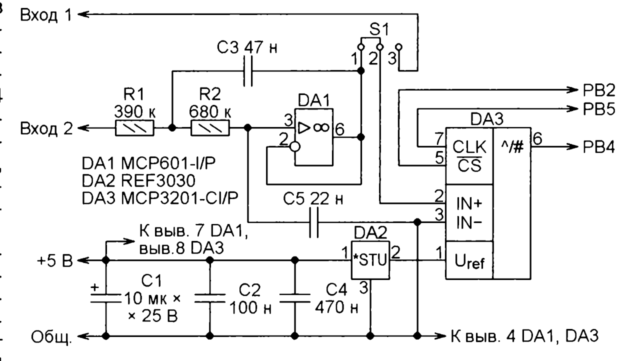


Рис. 3

Демонстрационная программа Vmeter_MCP3201 запускает преобразование, вычисляет значение входного напряжения в вольтах и выводит полученный результат на ЖКИ микроконтроллерного модуля. Для исключения мелькания изображения предусмотрена секундная задержка между измерениями. Для связи с АЦП программа использует аппаратный модуль SPI микроконтроллера.

В программе учтено, что для получения от АЦП MCP3201 правильного результата преобразования два старших разряда его старшего байта необходимо обнулить, а затем сдвинуть весь двухбайтовый результат на один разряд вправо.

При образцовом напряжении 3 В цена младшего разряда результата преобразования 3/4096 ≈ 0,7324 мВ. Чтобы для получения результата в милливольтах использовать только целочисленные вычисления, программа умножает принятый от АЦП код на в 10000 раз большее число 7324, а затем делит произведение на 10000. Целая часть частного выводится на ЖКИ с незначащими нулями, причём десятичная запятая устанавливается после разряда целых вольт.

Наиболее просто подключить к микроконтроллерному модулю 16-разрядный АЦП ADS1110 [3]. Для этого требуются всего два резистора, два конденсатора и две линии ввода/вывода микроконтроллера. Схема подключения показана на **рис. 4**. АЦП имеет интерфейс I^2C, аппаратный адаптер которого имеется в большинстве микроконтроллеров. Адрес ведомого АЦП ADS1110 на шине I^2C зашифрован в нанесённой на корпус микросхемы маркировке. Всего возможны восемь вариантов: ED0 — 1001000, ED1 — 1001001... ED7 — 1001111. Если в разрабатываемом устройстве предполагается использовать несколько таких АЦП, нужно выбирать их с разными адресами ведомого.

Интервал допустимого синфазного входного напряжения у этого АЦП — 0...2,048 В, дифференциального входного напряжения — от −2,048 до +2,048 В. При этом потенциал каждого входа должен быть положительным или нулевым относительно общего провода.

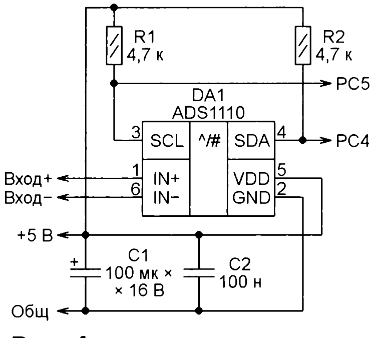


Рис. 4

В АЦП ADS1110 имеется конфигурационный регистр, в котором значениями двух младших разрядов PGA0 и PGA1 устанавливают коэффициент усиления встроенного усилителя, следующими двумя разрядами DR0 и DR1 задают скорость преобразования и передачи информации. Однако с увеличением скорости преобразования уменьшается его разрядность. В прилагаемой демонстрационной программе Vmeter_ADS1110 оставлены заводские установки: 16 разрядов, 15 выборок в секунду (DR0=1, DR1=1).

Следующий разряд SC позволяет выбрать режим преобразования: 1 — однократное, 0 — непрерывное (по умолчанию). Ещё два разряда не используются, а старший разряд ST/DRDY в программе оставлен без изменения.

В самом начале своей работы программа Vmeter_ADS1110 настраивает АЦП, записывая нужные значения в разряды его конфигурационного регистра. В основном цикле она запускает аналого-цифровое преобразование, вычисляет измеренное напряжение и отображает результат на ЖКИ микроконтроллерного модуля, повторяя эти операции каждую секунду.

Подпрограмма вычисления напряжения аналогична рассмотренной выше для АЦП MCP3201. Но поскольку цена младшего разряда АЦП ADS1110 равна 62,5 мкВ, результат преобразования программа умножает на 625 и делит на 1000. Измеренное значение напряжения выводится на экран со знаком плюс или минус и с точностью до десятых долей милливольта. Но верными можно считать только четыре старшие десятичные цифры результата, поскольку именно с такой точностью задана цена младшего двоичного разряда кода АЦП.

Измерения можно проводить в однополярном режиме, подавая измеряемое положительное напряжение на Вход+ или Вход−, а неиспользуемый вход — соединив с общим проводом. Если напряжение подано на Вход−, результат работы АЦП будет отрицательным числом, представленным дополнительным кодом. Программа распознаёт его по единице в старшем разряде старшего байта и для дальнейших вычислений инвертирует. Аналогично работает программа в дифференциальном режиме измерения. В этом случае результат преобразования получается отрицательным, когда напряжение на Входе− больше, чем на Входе+. Знаки плюс или минус на экране ЖКИ информируют о том, на какой вход подано измеряемое напряжение, или о том, на каком входе оно больше.

ЛИТЕРАТУРА

1. AD7896 2.7V to 5.5V, 12-Bit, 8 ms ADC in 8-Pin SO/DIP. — URL: **https://lib.chipdip.ru/143/DOC000143743.pdf** (29.05.17).

2. MCP3201 2.7V 12-Bit A/D Converter with SPI Serial Interface. — URL: **https://lib.chipdip.ru/251/DOC000251218.pdf** (29.05.17).

3. ADS1110 16-Bit Analog-to-Digital Converter with Onboard Reference. — URL: **http://www.farnell.com/datasheets/1863612.pdf** (29.05.17).

***От редакции**. Программы микроконтроллера имеются по адресу **ftp://ftp.radio.ru/pub/2017/09/vmeter.zip** на нашем FTP-сервере.*

РАДИО® МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ ТЕХНИКА
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 9, 2017

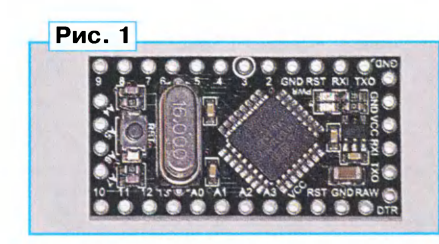
Сигнализатор утечки горючих газов

Д. ЛЕКОМЦЕВ, г. Орёл

Утечки горючих газов из бытовой газораспределительной сети либо баллонов регулярно становятся причинами трагедий. Естественно, на рынке представлено немало сигнализаторов [1—5], которые должны поднять тревогу, если уровень загазованности помещения выше нормы. Но слишком высокая стоимость такого прибора при сравнительной простоте его конструкции подталкивает к самостоятельному изготовлению подобного устройства.

Основа предлагаемого сигнализатора — изображённый на **рис. 1** процессорный модуль ProMini ATmega168PA [6], представляющий собой копию известного модуля Arduino ProMini. Для загрузки программы в память микроконтроллера и обмена информацией с компьютером этот модуль необходимо подключать к нему через преобразователь интерфейса USB-TTL-UART-Serial CH340G [7].

Рис. 1



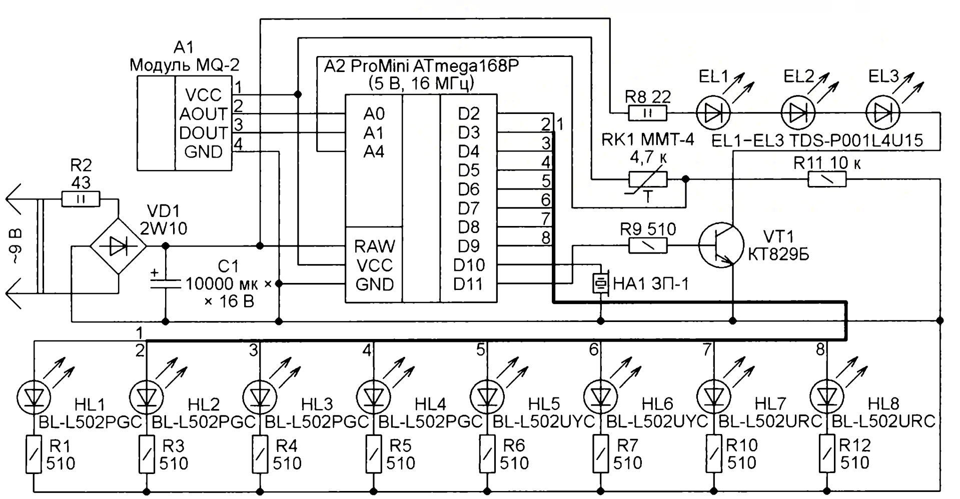
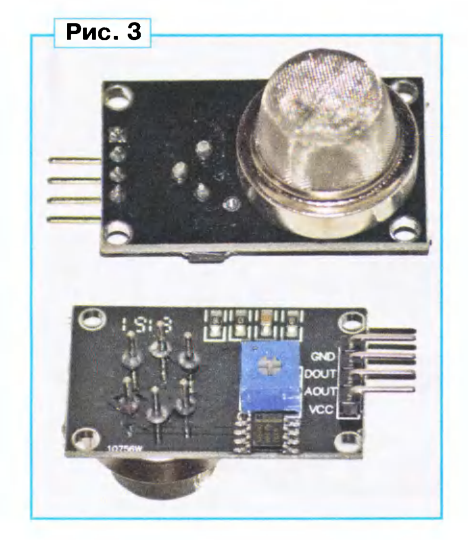


Рис. 2

Рис. 3



Принципиальная схема сигнализатора показана на **рис. 2**. Имеющийся в модуле A2 микроконтроллер получает информацию о загазованности помещения от изображённого на **рис. 3** модуля MQ-2 [8]. Он чувствителен к таким газам, как метан, пропан, бутан, водород, к дыму и позволяет приблизительно оценить концентрацию этих веществ в окружающем воздухе.

На **рис. 4** приведена схема модуля MQ-2. Он содержит собственно датчик загазованности B1, одноимённый с модулем, и имеет два выхода — аналоговый (AOUT) и дискретный (DOUT). Напряжение на первом плавно изменяется от 0,1 до 4 В с ростом загазованности. Оно же поступает на один из входов компаратора напряжения DA1.1, на второй вход которого подано пороговое напряжение с подстроечного резистора R3. При превышении порога происходит смена высокого логического уровня сигнала DOUT низким и включается светодиод HL1.

Модуль датчика MQ-2 потребляет ток около 150 мА при питании напряжением 5 В, поступающим в рассматриваемом случае от модуля A2. Почти весь этот ток потребляет нагреватель, разогревающий чувствительный элемент датчика до рабочей температуры. Она превышает 45 °С, по этой причине прикосновение к включённому датчику может представлять опасность. Поскольку разогрев датчика занимает несколько десятков секунд, доверять его показаниям можно лишь после того, как они стабилизируются. Если датчик длительное время оставался в нерабочем состоянии, то для восстановления чувствительности может потребоваться прогревать его целые сутки.

Чтобы повысить общую надёжность работы сигнализатора, в нём анализируется состояние как аналогового, так и дискретного выхода модуля A1. Первый подключён к аналоговому входу A0 модуля A2, второй — к его входу A1, используемому как дискретный с номером 15.

Кроме датчика загазованности, сигнализатор снабжён датчиком температуры, представляющим собой делитель напряжения, образованный терморезистором RK1 и резистором R11 [9, 10]. Выход этого датчика подключён к аналоговому входу A4 модуля A2. Это позволяет подавать сигнал тревоги не только при превышении допустимой загазованности, но и в случае чрезмерного повышения температуры воздуха. При указанных на схеме типе и номинальном сопротивлении терморезистора и сопротивлении резистора R11 это происходит при температуре выше 60...70 °С. Такая температура окружающего воздуха однозначно свидетельствует о наличии мощного источника тепла в непосредственной близости от устройства. Сигнал тревоги подаёт пьезоизлучатель звука HA1, подключённый к выходу D10 модуля A2 [11].

В сигнализаторе имеется индикатор загазованности, состоящий из светодиодов

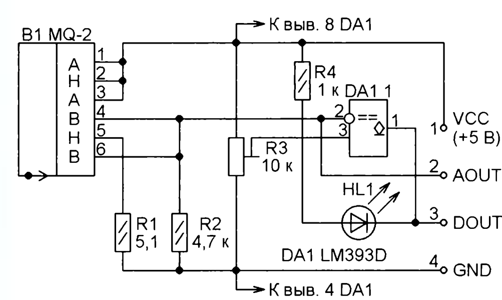


Рис. 4

HL2—HL8 и включённых последовательно с ними резисторов. Светодиоды HL2—HL4 — зелёного свечения (опасности нет), HL5 и HL6 — жёлтого (низкий уровень опасности), а HL7 и HL8 — красного (высокий уровень опасности). Каждый следующий светодиод программа включает при повышении напряжения на аналоговом выходе датчика загазованности приблизительно на 0,5 В. Светодиод HL1 служит индикатором наличия напряжения питания.

Утечка газа может произойти как в светлое, так и в тёмное время суток при выключенном освещении. Включать электрическое освещение или пользоваться открытым огнём там, где предположительно произошла утечка, очень опасно. Но в темноте невозможно увидеть, на что среагировал сигнализатор. Эту проблему отчасти решает встроенный в сигнализатор осветитель на светодиодах EL1—EL3 мощностью 1 Вт каждый. Ими управляет электронный ключ на транзисторе VT1, так что контакты, между которыми могла бы проскочить искра, отсутствуют. База транзистора VT1 через резистор R9 соединена с дискретным выходом D11 модуля A2. Резистор R8 ограничивает ток светодиодов EL1—EL3.



Рис. 5

Питают сигнализатор переменным напряжением 9 В от вторичной обмотки не показанного на схеме понижающего трансформатора. Конструктивно это сетевой адаптер заводского изготовления (**рис. 5**). Учтите, что включать его в розетку и отключать от неё можно лишь при уверенности, что опасная загазованность помещения отсутствует. Лучше, если эта розетка будет находиться за пределами помещения, где имеются газовые приборы или трубы, а провод, соединяющий адаптер с сигнализатором, достаточно длинный, чтобы можно было безопасно внести уже работающий сигнализатор в проверяемое помещение или установить его там постоянно.

Подаваемое на сигнализатор переменное напряжение 9 В выпрямляет диодный мост VD1, а сглаживает пульсации выпрямленного напряжения конденсатор C1. Резистор R2 ограничивает ток зарядки этого конденсатора.

Сигнализатор собран в пластмассовом корпусе размерами 100×80×50 мм от переговорного устройства домофона (**рис. 6**). Осветительные светодиоды EL1—EL3 установлены на прикреплённом к нижней части корпуса алюминиевом кронштейне.

Программа для микроконтроллера модуля A2 сигнализатора создана в среде разработки Arduino IDE. В начале своей работы она кратковременно включает все средства индикации, затем поочерёдно проверяет состояние датчиков. При чрезмерном повышении температуры или низком логическом уровне напряжения на дискретном выходе модуля A1 программа включает звуковой сигнал тревоги и осветительные светодиоды EL1—EL3. Светодиоды HL2—HL8 программа включает в зависимости от напряжения на аналоговом выходе датчика загазованности. Если она больше той, при которой включается светодиод HL5, программа подаёт и звуковой сигнал тревоги.

Чувствительность датчика MQ-2 к газам различной природы неодинакова. Чтобы связать включение конкретного светодиода с уровнем загазованности, можно воспользоваться имеющимися в [12] графиками зависимости сопротивления чувствительного элемента датчика от концентрации различных газов.

Проверить работоспособность сигнализатора можно с помощью газовой зажигалки, заправленной пропан-бутановой смесью. Если поднести её к датчику и открыть подачу газа, не зажигая пламя, то при условии, что устройство работает правильно, через несколько секунд раздастся сигнал тревоги. Автор надёжно регистриро-

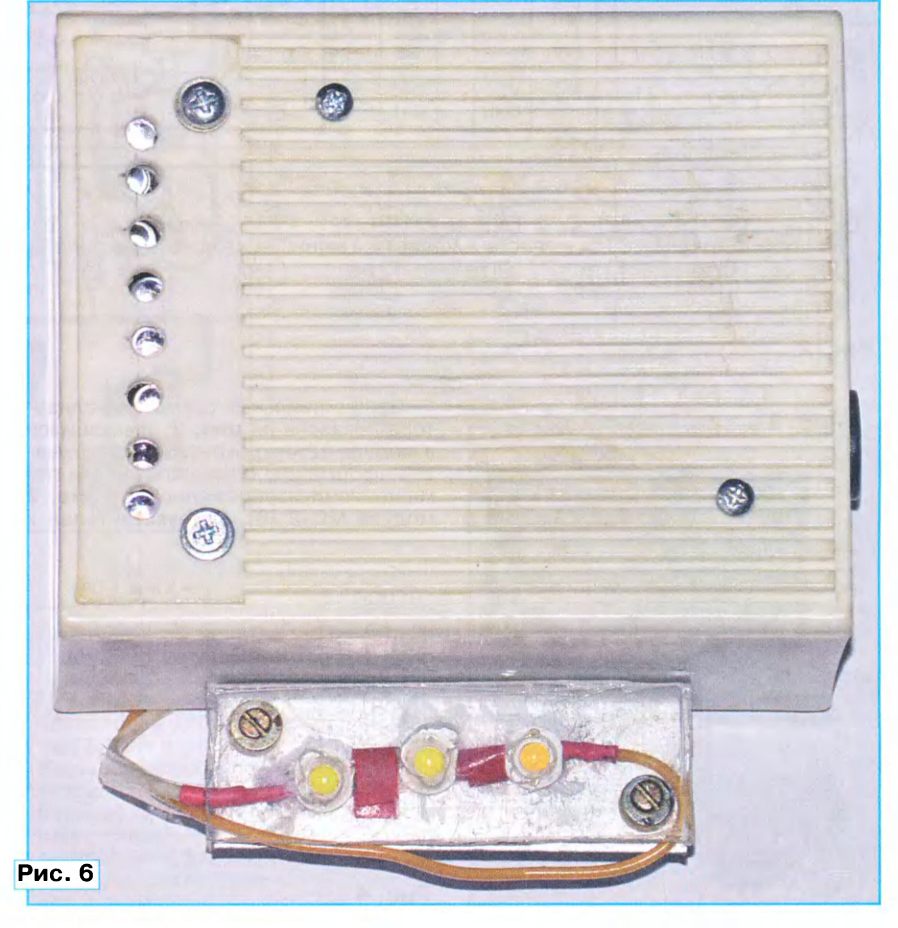


Рис. 6

вал открытую зажигалку с расстояния около 10 см. Источником горячего воздуха для проверки датчика температуры может быть косметический фен.

При размещении сигнализатора в помещении важно помнить, что метан (основной компонент природного газа, поступающего в бытовую газовую сеть) заметно легче воздуха. По этой причине в помещении с газовым оборудованием, использующим природный газ, сигнализатор следует располагать под потолком помещения. Если же в помещении находятся баллоны с пропаном или бутаном, сигнализатор желательно поместить на полу, так как эти газы плотнее воздуха.

ЛИТЕРАТУРА

1. Датчики утечки газа и воды. — URL: **http://www.aktivsb.ru/datchiki_utechki_gaza_i_vody/** (02.07.17).

2. Датчик утечки газа "Страж". — URL: **https://agmashop.ru/products/datchik-utechki-gaza-strazh-gas-detector** (02.07.17).

3. Сигнализатор утечки газа бытовой MT8055. — URL: **http://www.grion.ru/Signalizator-utechki-gaza-byitovoy-MT8055.html** (02.07.17).

4. Home Kitchen Security Combustible Gas Detector LPG LNG Coal Natural Gas Leak Alarm Sensor With Voice Warning Alarm Safety. — URL: **https://ru.aliexpress.com/item/Home-Kitchen-Security-Combustible-Gas-Detector-LPG-LNG-Coal-Natural-Gas-Leak-Alarm-Sensor-With-Voice/32604763569.html** (02.07.17).

5. LED Digital Display Gas LPG Household Leakage Detector Monitor Alarm Sensor. — URL: **https://ru.aliexpress.com/item/LED-Digital-Display-Gas-LPG-Household-Leakage-Detector-Monitor-KERUI-Alarm-Sensor-1pcs-Free-Shipping/32550001476.html** (02.07.17).

6. Контроллер ProMini ATmega168PA. — URL: **http://robotdyn.ru/catalog/boards/promini_atmega168pa_compatible_with_arduino_mini/** (02.07.17).

7. Адаптер USB-TTL-UART-Serial CH340G, 5V/3.3V. — URL: **http://robotdyn.ru/catalog/boards/usb_serial_adapter_ch340g_5v_3_3v/** (02.07.17).

8. Датчик MQ2. — URL: **https://2shemi.ru/datchik-mq2** (02.07.17).

9. **Лекомцев Д.** Arduino. Подключение простейших датчиков. — Радио, 2016, № 10, с. 54—56.

10. **Блум Д.** Изучаем Arduino: инструменты и методы технического волшебства. Пер. с англ. — СПб.: БХВ-Петербург, 2015.

11. **Лекомцев Д.** Arduino. Операции цифрового ввода—вывода. — Радио, 2016, № 8, с. 51—54.

12. MQ-2 Gas Sensor Technical Data — URL: **http://wiki.amperka.ru/_media/%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%82%D1%8B:mq2:mq2.pdf** (02.07.17).

***От редакции**. Программа микроконтроллера модуля ProMini имеется по адресу **ftp://ftp.radio.ru/pub/2017/09/MQ2-11.zip** на нашем FTP-сервере.*

Светодиодная лампа управляет люминесцентной

С. ИРГАШЕВ, г. Ташкент, Республика Узбекистан

Дома я использую обычную, с советских времён, люминесцентную лампу мощностью 20 Вт. Я удалил из неё стартёр и дроссель, установив вместо них плату ЭПРА от компактной люминесцентной лампы (КЛЛ). Недавно в дополнение к ней купил светодиодную лампу JL-718-2 с встроенной свинцово-кислотной аккумуляторной батареей и пультом ДУ. В лампе семь светодиодов (мощность — 3,5 Вт), два режима работы: DC (постоянный ток) включается автоматически при отключении электричества в сети, AC (переменный ток) включается с пульта ДУ. Быстро привык к удобству, которое он предоставляет (включать и выключать лампу можно с расстояния около 10 м), и захотелось сделать так, чтобы люминесцентная лампа тоже управлялась с пульта светодиодной и работала как ночник. Я разобрал светодиодную лампу, руководствуясь соединениями на монтажной плате, восстановил принципиальную схему устройства и внёс в него несложные изменения, решающие поставленную задачу.

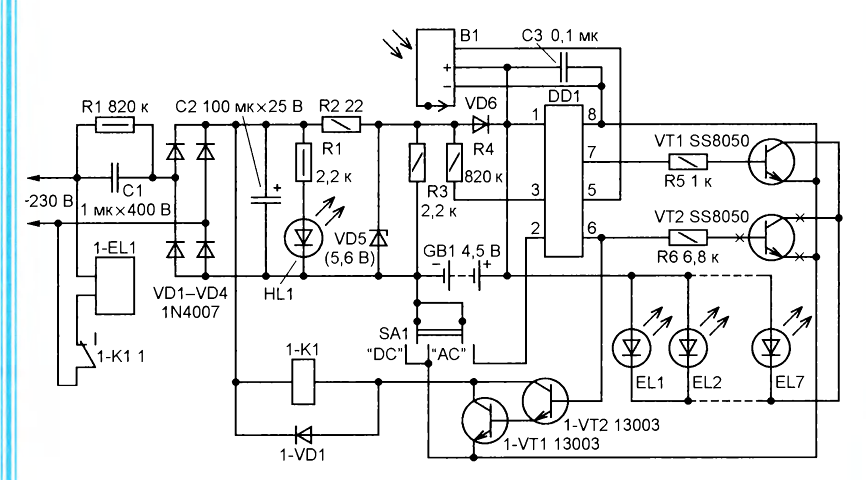


Схема светодиодной лампы с изменениями показана на **рисунке** (нумерация деталей — условная, позиционные обозначения новых деталей снабжены префиксом 1). Как видно, доработка свелась к следующему: я удалил один из двух транзисторов SS8050 (места разрыва печатных проводников обозначены крестиками) и установил вместо него два транзистора 13003 (1-VT1 и 1-VT2), соединив их по схеме составного. Между плюсовым выводом выпрямительного моста VD1—VD4 и коллектором составного транзистора 1-VT1 1-VT2 включил обмотку пятивольтного электромагнитного реле 1-K1, шунтировав её диодом 1-VD1 для защиты транзистора от противоЭДС, возникающей в обмотке при её обесточивании. Вывод базы составного транзистора соединил с выводом 6 микросхемы-контроллера DD1, а эмиттер — с эмиттером оставшегося транзистора SS8050 (VT1). Наконец, нормально замкнутые контакты реле K1 подсоединил к люминесцентной лампе, чтобы она переключалась с пульта отдельно от светодиодной (если к ней подсоединить нормально разомкнутые контакты реле, то одновременно будут включаться обе).

Принцип работы доработанной лампы такой: при подаче напряжения от сети 230 В люминесцентная лампа 1-EL1 включена (включённые последовательно с ней контакты реле 1-K1.1 в положении, показанном на схеме). С пульта ДУ переключение осуществляется с помощью фотоприёмника B1, сигнал которого подаётся на вывод 5 микросхемы-контроллера DD1. С её вывода 6 сигнал поступает на базу составного транзистора 1-VT1 1-VT2, он открывается, и реле 1-K1 в его коллекторной цепи срабатывает. В результате контакты 1-K1.1 размыкаются и люминесцентная лампа гаснет. Светодиодная лампа при этом тоже не горит.

При повторном нажатии на кнопку пульта сигнал с фотоприёмника B1 снова подаётся на вывод 5 микросхемы DD1, но выходной сигнал появляется на выводах 6 и 7, в результате чего все транзисторы открываются и включается светодиодная лампа, а люминесцентная не горит, так как контакты реле разомкнуты. После следующего нажатия на кнопку пульта сигнал на выводах 6 и 7 микросхемы исчезает, светодиодная лампа выключается, составной транзистор 1-VT1 1-VT2 закрывается, реле 1-K1 отпускает, переводя свои контакты 1-K1.1 в состояние, показанное на схеме, и люминесцентная лампа EL1 включается. При дальнейших нажатиях на кнопку на пульте всё описанное повторяется.

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

РАДИО®
ПРИКЛАДНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 9, 2017

Автоматический выключатель бытовой радиоаппаратуры-2

И. НЕЧАЕВ, г. Москва

Предлагаемое устройство автоматически отключит от питающей сети бытовую аппаратуру после того, как она из рабочего перейдёт в дежурный режим.

Интерес у радиолюбителей к автоматическим выключателям бытовой радиоаппаратуры не ослабевает. Обусловлено это тем, что большая её часть управляется дистанционно с помощью ИК-пультов, смартфонов и т. д., и при выключении она не отключается от сети полностью, а переходит в так называемый дежурный режим. Потребляемый от сети ток в этом случае существенно уменьшается, но не становится равным нулю. Причём зачастую радиоаппаратура находится в дежурном режиме бóльшую часть суток. Чтобы исключить этот недостаток и обезопасить радиоаппаратуру в это время от аварийных режимов в сети, применяют подобные выключатели.

Рис. 1

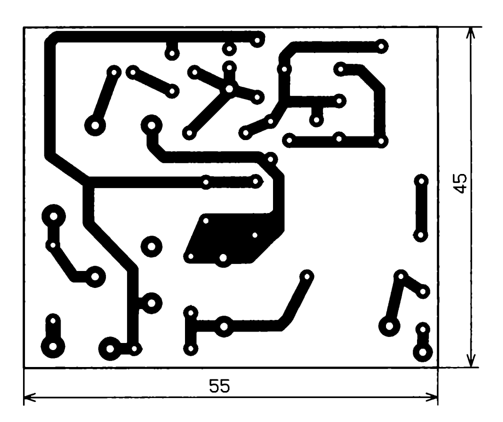
Принцип работы предлагаемого устройства основан на том, что ток, потребляемый нагрузкой в рабочем и дежурном режимах, отличается в несколько раз. Но для отключения аппаратуры применены не транзисторы или тиристоры, как в [1, 2], а реле, поскольку оно обеспечивает более надёжное отключение от сети. Схема устройства показана на **рис. 1**. На конденсаторе C2 и диодах VD2, VD5 собран узел питания с балластным конденсатором. Напряжение стабилизируют два последовательно включённых стабилитрона VD3 и VD4, а пульсации сглаживает конденсатор C3. Резистор R3 ограничивает бросок тока через конденсатор C2 при включении, а резистор R5 обеспечивает его разрядку после отключения питания. Чтобы потребляемый устройством ток сделать меньше, применено реле с номинальным напряжением 24 В. С учётом того что последовательно с ним включён светодиод HL1, выходное напряжение узла питания должно находиться в пределах 25...27 В. Контролируют потребляемый нагрузкой ток с помощью трансформатора тока T1.

В исходном состоянии напряжение сети ни на нагрузку, ни на узел питания устройства не поступает. Для запуска устройства необходимо кратковременно нажать на кнопку SB1. При этом через контакты SB1.2 напряжение сети поступит на нагрузку и узел питания устройства. Резистор R6 ограничивает бросок тока в этот момент. Через контакты SB1.1 конденсатор C1 быстро зарядится до выходного напряжения узла питания. Транзистор VT2 откроется, на реле K1 поступит питающее напряжение и станет светить светодиод HL1, сигнализируя о включении устройства. После отпускания кнопки начнётся разрядка конденсатора C1 через резистор R4. При указанных на схеме номиналах элементов для этого потребуется 10...15 с. Если нагрузка включена в дежурном режиме, то напряжение на выходе трансформатора тока T1 окажется недостаточным для открывания транзистора VT1 и конденсатор C1 продолжит разряжаться. По истечении указанного выше времени транзистор VT2 закроется, реле будет обесточено и устройство вместе с нагрузкой отключится от сети.

Если до выключения устройства нагрузку перевести в рабочий режим, потребляемый ею ток увеличится и напряжения на выходе трансформатора T1 станет достаточно для открывания транзистора VT1. Поэтому конденсатор C1 будет поддерживаться в заряженном состоянии током, протекающим через транзистор VT1 и токоограничивающий резистор R2. В результате устройство останется в этом состоянии и нагрузка будет подключена к сети. Порог выключения устанавливают резистором R1. Диод VD1 защищает эмиттерный переход транзистора VT1 от обратного напряжения.

Когда радиоаппаратура будет переведена в дежурный режим, потребляемый ею ток существенно уменьшится и напряжения на резисторе R1 станет недостаточно для открывания транзистора VT1. Зарядка конденсатора C1 прекратится, и он начнёт разряжаться, а через 10...15 с транзистор VT2 закроется. В результате обмотка реле K1 будет обесточена и светодиод HL1 погаснет. Контакты K1.1 разомкнутся, поэтому нагрузка и сам выключатель будут отключены от сети, а потребляемого тока не будет. Таким образом, для включения устройства следует кратковременно нажать на кнопку SB1, а затем перевести нагрузку в рабочий режим.

Все элементы, кроме вилки XP1, розетки XS1 и кнопки, смонтированы на односторонней печатной плате из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5...2 мм, чертёж которой показан на **рис. 2**. В устройстве применены резисторы Р1-4, С2-23, МЛТ, кроме R6 — он серии SQM или SQP, оксидные конденсаторы — импортные. Кон-



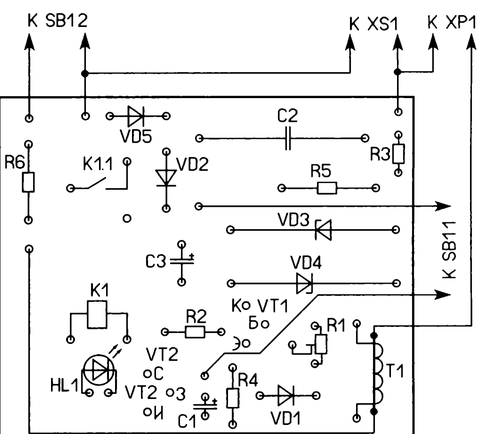


Рис. 2

денсатор С2 — плёночный, он должен быть рассчитан на работу в сети переменного тока, подойдёт К73-17 на номинальное напряжение 630 В. Также годятся конденсаторы, которые находят применение в сетевых фильтрах компьютерных блоков питания. Транзистор КТ3102БМ можно заменить на КТ3102АМ, КТ3102ВМ, диод 1N4007 (VD1) — любой из серий 1N400x, КД102, КД522. Светодиод может быть любым с допустимым током 25 мА. Стабилитроны — маломощные, на напряжение стабилизации 12...13 В. Кнопка — с самовозвратом КМ2-1 или аналогичная, рассчитанная на работу при напряжении сети, реле — G2R-14-T130-DC24. Трансформатор тока Т1 снят с платы ИБП. Маркировки на трансформаторе не оказалось, но по своим параметрам он близок трансформаторам тока AS-103 или AS-104 фирмы Talema. Первичная обмотка — два-три витка изолированного провода, рассчитанного на ток нагрузки.



Рис. 3

В качестве трансформатора тока можно применить доработанный токоограничивающий дроссель (с Ш-образным магнитопроводом) от ЭПРА КЛЛ. Его обмотка станет вторичной обмоткой трансформатора тока. Первичную наматывают изолированным проводом, рассчитанным на ток нагрузки. Следует отметить, что такой трансформатор тока можно применить, если блок питания нагрузки имеет в своём составе выпрямитель. В этом случае ток, потребляемый ею, носит импульсный характер и трансформатор хорошо работает. Если форма тока, потребляемого нагрузкой, носит синусоидальный характер, такой трансформатор имеет слишком низкую чувствительность.

Внешний вид смонтированной платы показан на **рис. 3**. Её размещают в пластмассовом корпусе подходящего размера. На задней стенке корпуса устанавливают гнездо для подключения нагрузки и делают отверстие для сетевого кабеля, на передней — закрепляют кнопку и сверлят отверстие для светодиода.

Налаживание сводится к установке порога срабатывания устройства, которую проводят, изменяя число витков вторичной обмотки трансформатора тока (грубо) и резистором R1 (плавно). Продолжительность времени задержки выключения можно изменить подборкой конденсатора С1. При увеличении ёмкости задержка растёт. Устройство проверено в работе совместно с ЖК-телевизором, который потребляет от сети мощность около 90 Вт. При более мощной нагрузке сначала необходимо уменьшить число витков первичной обмотки, затем установить порог с помощью резистора R1. При нагрузке меньшей мощности следует увеличить число витков первичной обмотки токового трансформатора.

Контакты применённого реле позволяют коммутировать ток до нескольких ампер, поэтому к устройству можно одновременно подключить несколько радиоаппаратов. При этом порог срабатывания можно настроить так, чтобы оно отключалось при переходе всех аппаратов в дежурный режим.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Нечаев И.** Автоматический выключатель бытовой радиоаппаратуры. — Радио, 2016, № 7, с. 38.

2. **Салимов Н.** Автоматический выключатель. — Радио, 2016, № 12, с. 34, 35.

ЦДУ с отображением на компьютерном мониторе

А. САВЧЕНКО, пос. Зеленоградский Московской обл.

Основные принципы отображения сигналов аналоговой ЦДУ на компьютерном мониторе были рассмотрены в [1]. В качестве примера их реализации там была описана приставка к аналоговой ЦДУ — простейший микроконтроллерный синхронизатор развёртки монитора. Однако это устройство не создавало фоновую подсветку экрана в отсутствие сигнала на входе ЦДУ и не могло полностью заполнить изображением экран монитора с форматом экрана 16:9, которых сейчас большинство.

При разработке новой версии синхронизатора на восьмиразрядном микроконтроллере AVR было решено для высвобождения процессорного времени формировать синхропоследовательности с помощью встроенных таймеров микроконтроллера и предусмотреть возможность работы с обоими распространёнными форматами экрана — 16:9 и 4:3.

Для создания видеоэффектов нужно выполнять двойное преобразование аналоговых сигналов с выходов ЦДУ. Они должны быть оцифрованы, обработаны в цифровом виде (например, к ним добавлена фоновая подсветка), затем вновь преобразованы в аналоговый вид и поданы на видеовходы монитора.

Из восьмиразрядных микроконтроллеров AVR наиболее подходящими для реализации такого устройства автор считает микроконтроллеры ATxmega исполнения A3U. От других микроконтроллеров AVR их выгодно отличает возможность оперативной программной перестройки тактовой частоты. Это существенно облегчает формирование с минимальными погрешностями синхросигналов для видеорежимов с различной частотой следования пикселов. Наличие семи 16-разрядных таймеров, четыре из которых имеют по четыре канала захвата/сравнения, позволяет формировать все сигналы синхронизации и гашения с минимальным привлечением процессора.

В этих микроконтроллерах имеется система событий, позволяющая передавать сигналы межмодульного взаимодействия по отдельным каналам, дополнительно разгружая этим процессор микроконтроллера. Возможность установки конфигурации выходных линий портов микроконтроллера "открытый сток" и "открытый исток" позволяет более гибко формировать выходные сигналы без использования дополнительных логических микросхем.

В ходе работы над синхронизатором было принято решение не делать его отдельным модулем, а дополнить входным усилителем и канальными фильтрами, т. е. создать полную ЦДУ, на вход которой можно подать звуковой сигнал, а к выходу подключить компьютерный монитор.

Основные технические характеристики

Напряжение входного сигнала, мВэфф ....300...2000
Размер изображения, пкс
на экране формата 4:3 . . .640×480
на экране формата 16:9 . . .1280×720
Интерфейс монитора . . . . .аналоговый
Напряжение питания, В . . . . .7...12
Потребляемый ток, мА, не более 65

Принципиальная схема ЦДУ изображена на **рис. 1**. Его аналоговая часть не

РАДИО
ПРИКЛАДНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 9, 2017

требует особых пояснений, так как построена на базе разработанной ранее и подробно описанной в [2] и [3]. Поэтому подробно рассмотрим устройство и работу лишь сопряжённого с ней синхронизатора, построенного на базе микроконтроллера ATxmega256A3U, который может быть заменён любым из ATxmega64A3U, ATxmega128A3U, ATxmega192A3U.

Микроконтроллер управляет работой цифровой АРУ, обеспечивая постоянство амплитуды сигнала на входах фильтров аналоговой части ЦДУ, формирует необходимые импульсы синхронизации и гашения для монитора. Он оцифровывает сигналы, поступающие с выходов аналоговой части ЦДУ, запол-

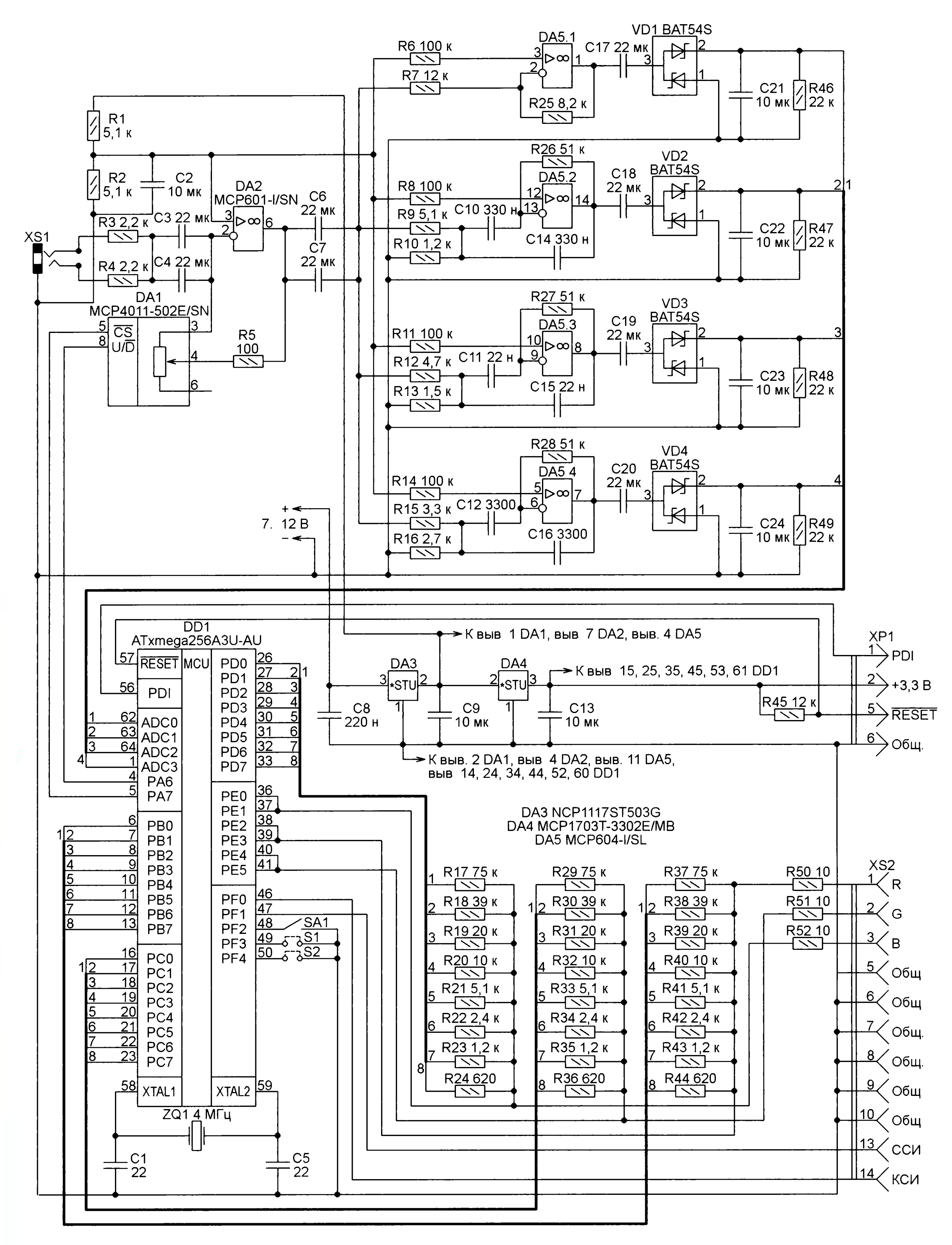


Рис. 1

няет их паузы фоновой подсветкой и формирует цифровые выходные сигналы цветовых каналов R, G и B. Внешние ЦАП преобразуют эти сигналы в аналоговые, пригодные для подачи на видеовходы монитора.

Сигналы синхронизации и гашения формируют таймеры TCC0 и TCD0 микроконтроллера. Таймер TCC0 тактируется с частотой следования пикселов в выбранном видеорежиме, а его коэффициент пересчёта установлен равным числу пикселов в полной строке. В регистры сравнения таймера занесены коды, соответствующие моментам наступления в течение каждой строки характерных событий: начала и конца области гашения, начала и конца строчного синхроимпульса. В моменты совпадений текущего состояния счётчика таймера с кодами в регистрах сравнения формируются запросы прерывания. В подпрограммах их обслуживания процессор микроконтроллера изменяет состояния соответствующих выходов, формируя на них ССИ и СГИ.

Аналогичным образом таймер TCD0 формирует КСИ и КГИ. Он считает строки внутри полного кадра, поэтому сигналы тактирования для него — события переполнения таймера TCC0, происходящие в моменты окончания каждой строки. Сигналы об этих событиях поступают на вход тактирования таймера TCD0 по одному из каналов системы событий микроконтроллера. Коэффициент пересчёта этого таймера установлен равным числу полных строк в кадре. Строчные синхроимпульсы поступают на выход PF1, а кадровые — на выход PF0.

Микроконтроллер формирует также смесь импульсов гашения (СГИ + КГИ) и выдаёт её параллельно на выходы PE0, PE2 и PE4. Эти выходы действуют как ключи, в интервалах гашения соединяющие с общим проводом цепи соответственно видеосигналов B, R и G. Они сконфигурированы как выходы с общим стоком, поэтому закрытые ключи не оказывают никакого влияния на видеосигналы. Наличие таких выходов — большое достоинство микроконтроллеров семейства ATxmega. С микроконтроллерами предыдущих поколений, имеющими только двухтактные выходы, для гашения видеосигналов пришлось бы использовать внешние элементы.

На схеме видно, что параллельно каждому из упомянутых выходов импульсов гашения подключён ещё один, соответственно PE1, PE3 и PE5, также в конфигурации с "открытым стоком". Это сделано для того, чтобы создать независимые от СГИ и КГИ каналы гашения видеосигналов. Они дают возможность раздельно гасить видеосигналы в произвольные моменты времени при создании видеоэффектов.

Необходимо остановиться на особенностях тактирования самого микроконтроллера. Как отмечалось в [1], частоту тактирования нельзя выбирать произвольно. Чтобы формировать временные диаграммы сигналов синхронизации с минимальными погрешностями, важно обеспечить равенство или кратность частоты тактирования и частоты следования пикселов. Нецелое отношение этих частот приводит к неизбежным погрешностям формирования требуемых интервалов времени.

В рассматриваемом случае микроконтроллер формирует интервалы времени, необходимые для видеорежимов 640×480 пкс или 1280×720 пкс. В первом случае частота следования пикселов — 24 МГц, во втором — 40 МГц. Предельное значение тактовой частоты микроконтроллера ATxmega, согласно документации, — 32 МГц. Но эксперименты показали, что они без перегрева и сбоев работают при тактовой частоте до 48 МГц (выше автор не проверял). Поэтому было принято решение тактировать микроконтроллер с частотой следования пикселов выбранного видеорежима.

Механизм программного изменения тактовой частоты используемого микроконтроллера позволяет переключать её "на ходу". Образцовой для системы тактирования служит частота кварцевого генератора (4 МГц), которую повышает до заданной тактовой встроенный блок умножения частоты микроконтроллера. Для видеорежима 4:3 коэффициент умножения равен 6, для видеорежима 16:9 — 10.

Сигналы с выходов аналоговой части ЦДУ микроконтроллер оцифровывает с помощью четырёх каналов своего АЦП. На вход ADC0 поступает напряжение, сравнивая которое с пороговыми значениями, микроконтроллер управляет цифровой АРУ. На входы ADC1—ADC3 поступают напряжения, пропорциональные уровням сигналов на выходах аналоговых каналов соответственно низкой, средней и высокой частоты. Обработанные программой сигналы частотных каналов через внешние ЦАП подают на входы монитора.

Сформулируем основные требования, которым должны удовлетворять ЦАП:

— разрядность входного кода — 8 (256 уровней яркости);

— максимальное выходное напряжение на нагрузке 75 Ом — 0,7 В;

— ток короткого замыкания выхода — не более 20 мА, что обусловлено предельной нагрузочной способностью выходов микроконтроллера, бланкирующих видеосигнал;

— нелинейность преобразования — не более 10....15 %.

Быстродействие ЦАП обычно характеризуют параметром "время преобразования". Это время необходимо, чтобы на выходе ЦАП установилось напряжение, соответствующее входному цифровому коду. Его допустимое значение определяют исходя из максимальной частоты смены кодов на входе ЦАП. Например, если необходима независимая установка цвета каждого пиксела, то время преобразования ЦАП должно быть не более $1/F_{пкс}$, где $F_{пкс}$ — частота следования пикселов. Несложно подсчитать, что для видеорежима 1280×720 время преобразования не должно превышать 25 нс.

В простейшем варианте ЦДУ, использующей компьютерный монитор в качестве экрана, выходные сигналы цветовых каналов в течение кадра отображения остаются практически неизменными. Поэтому время преобразования ЦАП может быть многократно увеличено. Однако медленный ЦАП не даёт возможности отображать какие-либо видеоэффекты, а ведь быстродействующий микроконтроллер позволяет их создавать.

В общем случае и микроконтроллер не способен выполнить поэлементную обработку видеосигнала, поскольку для обсчёта каждого пиксела ему необходимо время; по прикидке автора, минимум 5—10 машинных тактов. Значит, минимально достижимая дискретность изменения изображения на экране — 5—10 пикселов. Но чтобы переход между соседними цветовыми зонами был чётким, он не должен растягиваться на несколько пикселов. Это означает, что для полноценной реализации световых эффектов всё-таки необходим ЦАП с временем преобразования 25 нс.

Широко распространено привычное и самое простое, с точки зрения аппаратной реализации, преобразование сигнала из цифровой в аналоговую форму с помощью ШИМ. Однако такой способ допустим лишь в тех случаях, когда всеми источниками света одного цветового канала управляют (включают и выключают их) одновременно. Для монитора, в котором пикселы засвечиваются поочерёдно в соответствии с ходом развёртки, этот способ неприемлем. Подача на видеовход монитора ШИМ сигнала приведёт к тому, что пикселы, через которые проходит развёртка в течение действия высокого уровня импульса, будут иметь максимальную яркость, а оставшиеся просто не будут светиться.

Предварительное сглаживание импульсов с ШИМ с помощью интегрирующей RC-цепи тоже не даёт удовлетворительного результата, поскольку в паузах между импульсами конденсатор разряжается, что приводит к неравномерной засветке экрана. Увеличение ёмкости конденсатора уменьшает неравномерность, однако затягивает переходные процессы. А при гашении видеосигнала быстрая зарядка и разрядка интегрирующего конденсатора большой ёмкости требуют применения мощных ключей, усложняя конструкцию ЦДУ. Быстродействие такого ЦАП весьма мало, ведь частота следования импульсов при восьмиразрядной ШИМ как минимум в 256 раз ниже тактовой частоты микроконтроллера, а изменять скважность импульсов можно лишь один раз за их период.

Использование встроенного двухканального ЦАП микроконтроллера также нецелесообразно. Во-первых, для отображения трёх основных цветов требуется ещё один аналогичный ЦАП, во-вторых, длительность преобразования (1,5 мкс в двухканальном режиме) существенно больше требуемой. Использование внешних микросхем высокоскоростных ЦАП не рассматривается ввиду экономической и технологической нецелесообразности.

Однако у применённого микроконтроллера имеется достаточно свободных линий ввода—вывода, к которым можно подключить ЦАП параллельного действия на резисторах. Это значительно

проще и дешевле. Общеизвестны две схемы таких ЦАП — с весовыми резисторами и так называемые R-2R. В первой из них число резисторов равно числу двоичных разрядов преобразуемого кода, причём сопротивление каждого следующего резистора должно быть ровно в два раза больше сопротивления предыдущего. Число резисторов в преобразователе по схеме R-2R вдвое больше числа разрядов, но они только двух номиналов, различающихся в два раза.

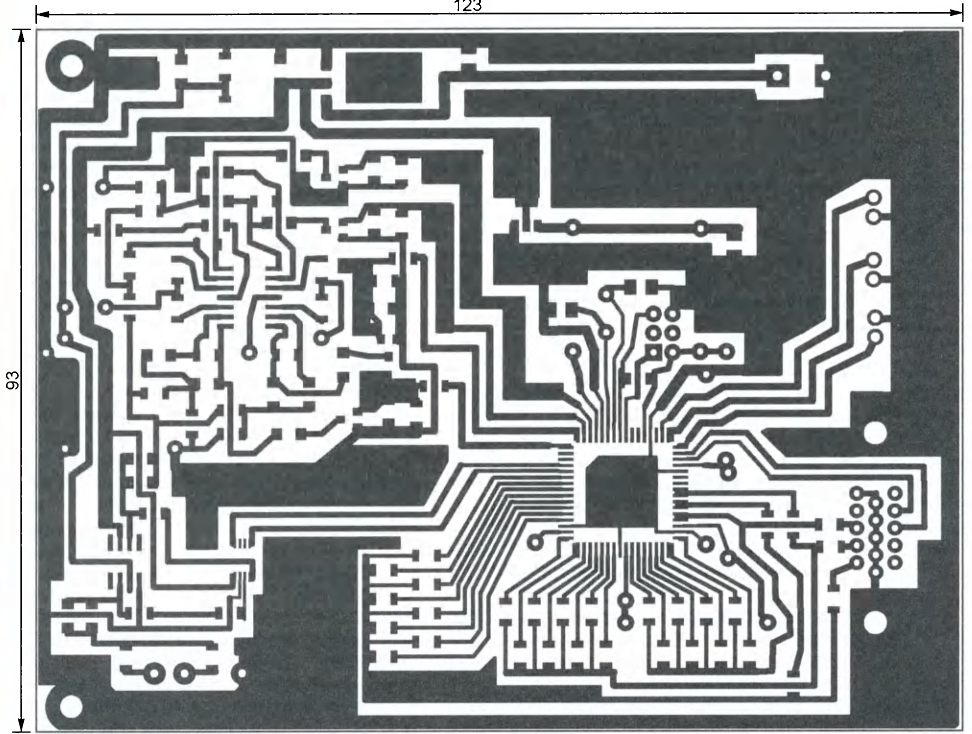


Рис. 2

Заметим, что в обоих случаях требуется подборка сопротивления резисторов с относительной погрешностью, меньшей цены младшего разряда преобразуемого кода. Нарушение этого требования приводит к немонотонности характеристики преобразования. Поэтому при промышленном изготовлении таких преобразователей используют лазерную подгонку сопротивлений, а в любительских условиях число разрядов редко удаётся сделать больше шести.

Для реализации ЦАП с весовыми резисторами крайне желательно, чтобы выходы микроконтроллера имели свойства ключей, либо подключающих нужные резисторы к плюсу источника, либо оставляющих их не подключёнными. Кроме того, в случае типовых двухтактных выходов усложняется расчёт сопротивлений резисторов, образующих ЦАП.

***От редакции**. С этими утверждениями автора согласиться нельзя. В варианте с последовательными ключами ЦАП представляет собой, по существу, переменный резистор с цифровым управлением, включённый последовательно с нагрузкой. С увеличением сопротивления нагрузки зависимость напряжения на ней от преобразуемого кода становится всё более нелинейной. При использовании двухтактных ключей преобразователь становится управляемым кодом делителем напряжения с не зависящим от кода выходным сопротивлением. Нагрузка в этом случае лишь изменяет коэффициент преобразования, не влияя на его линейность. Расчёт сопротивлений резисторов в обоих случаях совершенно одинаков.*

Ввиду того что линии портов микроконтроллера ATxmega можно сконфигурировать как выходы с открытым истоком, было принято решение строить ЦАП по схеме с весовыми резисторами, более простой и компактной по сравнению с R-2R.

Например, ЦАП канала R состоит из восьми резисторов R37—R44, на которые подают напряжение питания микроконтроллера через последовательные ключи — выходные драйверы линий портов микроконтроллера с открытым стоком. Сумма токов, протекающих через замкнутые ключи и соединённые с ними последовательно резисторы, создаёт зависящие от преобразуемого кода падение напряжения на входном сопротивлении видеовхода монитора, равном 75 Ом. Для гашения видеосигнала открытый выходной ключ драйвера линии гашения соединяет выход ЦАП с общим проводом. При этом ток нагрузки линии гашения не превышает 10 мА, что вполне допустимо для неё.

ЦАП каналов G и B выполнены аналогично на резисторах R29—R36 и R17—R24 соответственно.

Режимы работы программы микроконтроллера устанавливают с помощью перемычек S1 и S2. Перемычкой S1 выбирают один из двух вариантов фоновой подсветки экрана в паузах между фонограммами. С помощью перемычки S2 задают видеорежим. Когда она снята, размер изображения — 640×480 пкс, а когда установлена — 1280×720 пкс.

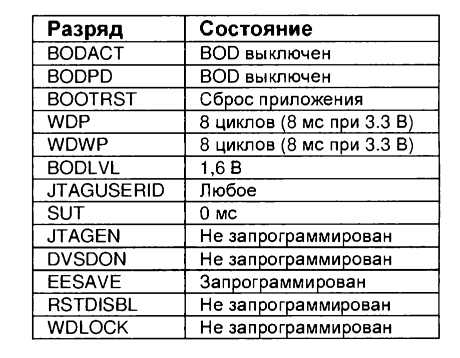
Питают ЦДУ от любого нестабилизированного источника постоянного напряжения 7...12 В. Входной стерео- или монофонический сигнал подают на разъём XS1. Разъём XS2 (15-контактная розетка DHB-15F) служит для подключения VGA-кабеля, идущего к монитору. Разъём XP1 предназначен для загрузки программы в микроконтроллер.

ЦМУ собрано на печатной плате размерами 93×123 мм, чертёж которой изображён на **рис. 2**, а схема расположения на ней элементов — на **рис. 3**. Установленные на плате элементы — для поверхностного монтажа, за исключением разъёмов XP1 и XS2, кварцевого резонатора ZQ1, колодок для съёмных перемычек S1 и S2. Все резисторы и конденсаторы типоразмера 1206. Выключатель SA1, штекерное гнездо XS1 и разъём для подачи напряжения питания устанавливают на корпусе устройства.

Как уже было сказано, микроконтроллер ATxmega256A3U-AU в описываемом ЦМУ можно заменить любым из ATxmega64A3U-AU, ATxmega128A3U-AU, ATxmega192A3U-AU. При этом не придётся вносить изменений в печатную плату, достаточно перетранслировать программу, указав тип применённого микроконтроллера.

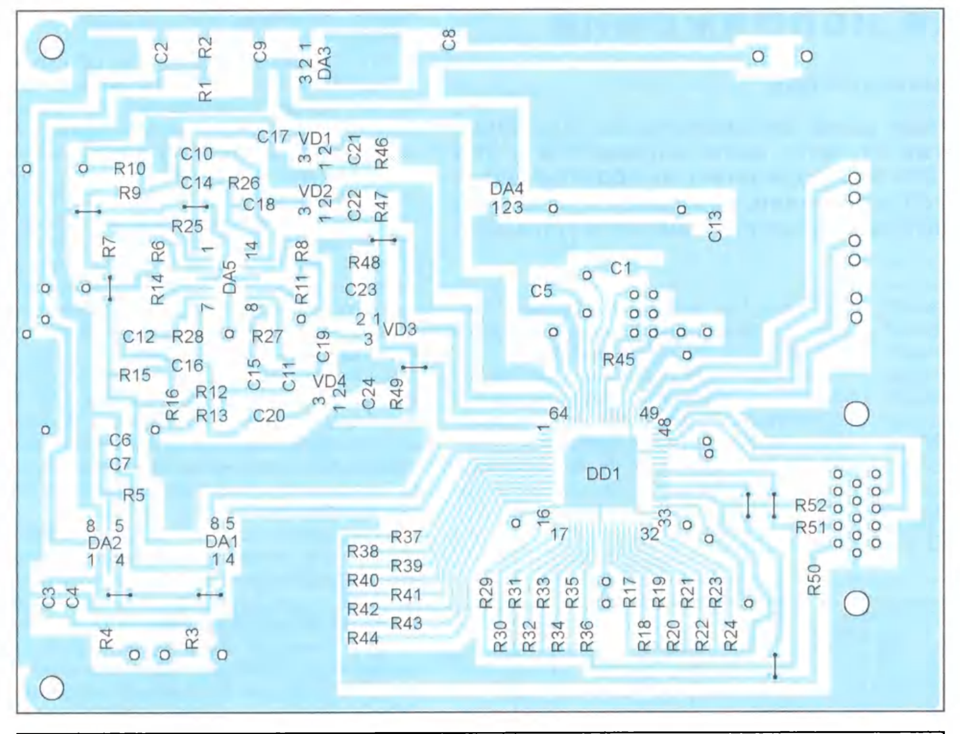
Вместо ОУ MCP601-I/SN и MCP604-I/SL можно использовать и другие, способные работать при однополярном питании напряжением 5 В. Цифровой переменный резистор MCP4011-502E/SN можно заменить на MCP4021-502E/SN, выполненный в другом корпусе, поэтому потребуется корректировка печатной платы. Она может потребоваться и при замене других микросхем, если их аналоги имеют другой корпус и назначение выводов.

Программа микроконтроллера написана на языке компилятора BASCOM AVR с включением в неё критичных по времени выполнения фрагментов на языке ассемблера. Разряды конфигурации микроконтроллера программируют в соответствии с **таблицей**.



Разряд	Состояние
BODACT	BOD выключен
BODPD	BOD выключен
BOOTRST	Сброс приложения
WDP	8 циклов (8 мс при 3.3 В)
WDWP	8 циклов (8 мс при 3.3 В)
BODLVL	1,6 В
JTAGUSERID	Любое
SUT	0 мс
JTAGEN	Не запрограммирован
DVSDON	Не запрограммирован
EESAVE	Запрограммирован
RSTDISBL	Не запрограммирован
WDLOCK	Не запрограммирован

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru



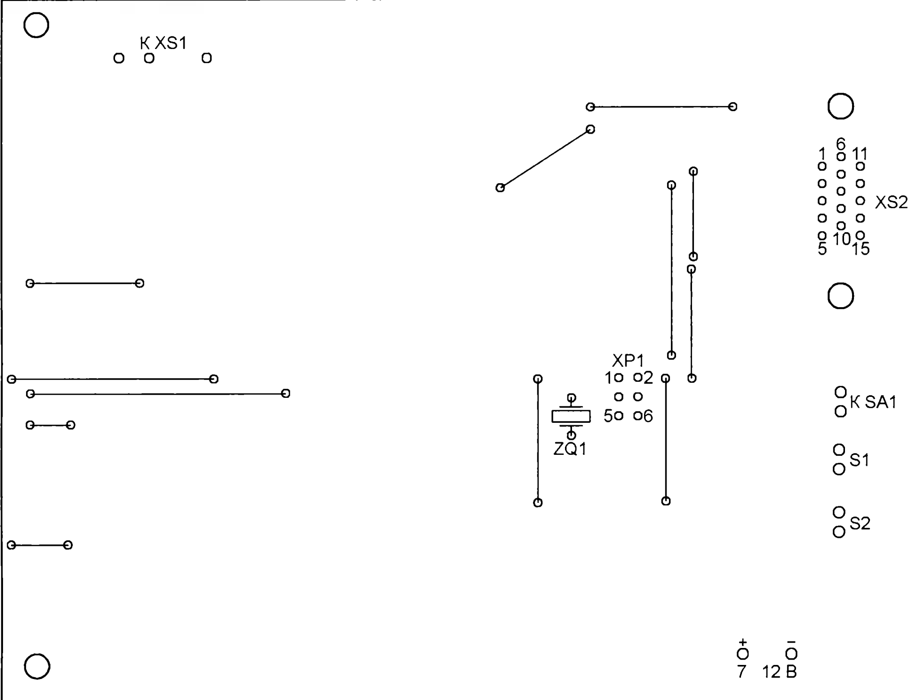


Рис. 3

При включении ЦДУ происходит запуск рабочей программы микроконтроллера и её инициализация. Прежде всего проверяется наличие перемычки S2 и, в зависимости от этого, настраиваются система синхронизации микроконтроллера, таймеры, отвечающие за формирование сигналов синхронизации и гашения, другие модули микроконтроллера.

В ходе дальнейшей работы программа состояние перемычки S2 не проверяет, поэтому её установка или удаление "на ходу" не приводит к смене уже действующего видеорежима. На практике изменять видеорежим приходится довольно редко (только при замене монитора на имеющий другой формат экрана) и нет смысла тратить процессорное время на периодическую проверку необходимости выполнения этой операции.

По окончании инициализации программы начинается выдача на монитор синхропоследовательностей, а параллельно с этим — приём и оцифровка с помощью АЦП сигналов с выходов аналоговой части ЦДУ, их обработка и выдача на ЦАП. Эти процессы жёстко привязаны к синхроимпульсам по следующим причинам:

— изменять коды видеосигналов на входах ЦАП можно только в интервалах гашения, в противном случае засветка экрана будет неравномерной;

— между моментами получения отсчётов оцифрованного сигнала из АЦП и выдачи их на ЦАП должно быть достаточно времени для их обработки.

В рассматриваемом случае выполняется привязка к импульсам кадровой синхронизации и гашения. В момент начала КСИ одновременно запускается преобразование в четырёх каналах АЦП и начинается выдача кодов видеосигналов, сформированных в предыдущем кадре, в три ЦАП. Приблизительно через 9 мкс после запуска АЦП завершает преобразование. Выдача кодов в ЦАП длится дольше из-за ограниченного быстродействия программного кода, сформированного компилятором BASCOM AVR.

После этого программа присваивает коды из регистров АЦП соответствующим переменным. С этого момента и до начала следующего КСИ у процессора есть время для обработки полученных сигналов. Таким образом, отображение информации идёт с отставанием на один кадр, что на практике совершенно незаметно, так как уровни сигналов на выходах фильтров частотных каналов ЦДУ изменяются довольно медленно.

В отсутствие на входе ЦДУ сигнала программа микроконтроллера выполняет одну из двух подпрограмм фоновой подсветки. По экрану монитора плавно перемещаются, изменяя размеры, цветные области.

Проверка ЦДУ в действии проводилась с монитором Samsung LS22E390, имеющим диагональ экрана 21,5 дюйма при соотношении сторон экрана 16:9. Подтверждена его работоспособность во всех режимах.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Савченко А.** Компьютерный монитор — экран ЦДУ. — Радио, 2017, № 6, с. 38—40.

2. **Савченко А.** Аналого-цифровая цветодинамическая установка. — Радио, 2014, № 1, с. 39—42.

3. **Савченко А.** Усовершенствованная аналого-цифровая ЦДУ. — Радио, 2014, № 9, с. 30—34.

От редакции. *Программа микроконтроллера и файл печатной платы в формате Sprint Layout 6.0 имеются по адресу* ***ftp://ftp.radio.ru/pub/2017/09/cdu2.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Реле контроля напряжения

А. ГУСЕВ, г. Муром Владимирской обл.

Предлагаемое электронное реле автоматически отключит потребителей электроэнергии от сети, если напряжение в ней стало ниже 180 В или выше 250 В, и подключит их обратно после восстановления нормального напряжения. При самостоятельной сборке оно обойдётся значительно дешевле аналогов промышленного изготовления.

Схема реле контроля напряжения показана на **рис. 1**. Через диод VD1 положительные полупериоды сетевого напряжения поступают на два делителя напряжения, причём верхнее плечо каждого из них составлено из трёх резисторов (R1—R3 и R8—R10), соединённых последовательно. Это нужно для того, чтобы падение напряжения на каждом из резисторов не превысило допустимого для них значения даже при аварийном повышении напряжения в сети до 400 В (например, при обрыве нулевого провода на его вводе в дом).

Делитель на резисторах R1—R4 использован в узле обнаружения выхода сетевого напряжения за нижний допустимый предел, который устанавливают подстроечным резистором R4. Делитель на резисторах R8—R11 работает в узле контроля верхнего предела сетевого напряжения, устанавливаемого подстроечным резистором R11.

Интегральные параллельные стабилизаторы напряжения TL431CZ (DA1 и DA2) использованы здесь не по прямому назначению. Они служат пороговыми устройствами. Если напряжение, поданное на управляющий электрод такого стабилизатора, меньше внутреннего образцового напряжения 2,5 В, то его участок анод—катод закрыт, а если больше — открыт.

Поскольку на управляющие электроды стабилизаторов в рассматриваемом случае поступают через диод VD1 только положительные полупериоды сетевого напряжения, то постоянное напряжение на катодах стабилизаторов будет примерно равно напряжению питания при амплитуде пульсаций меньше порога, и уменьшается до 2 В, когда она больше порога.

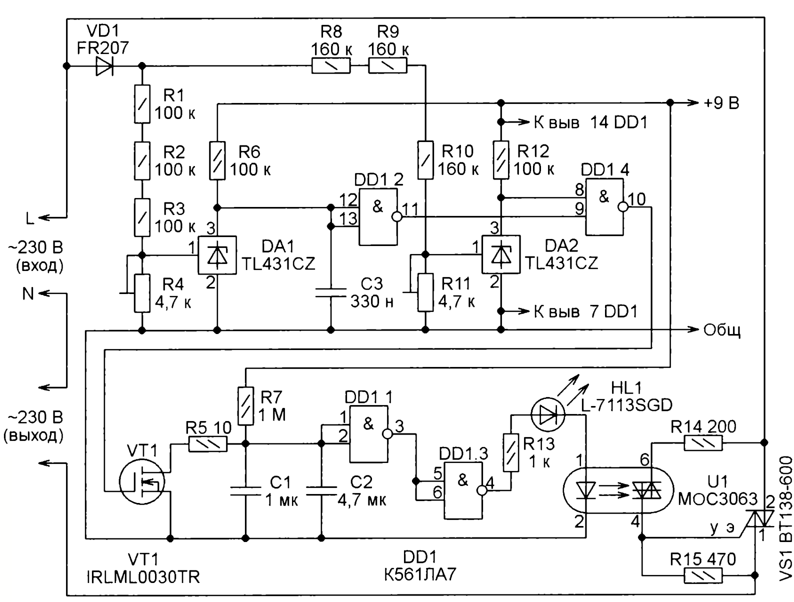


Рис. 1

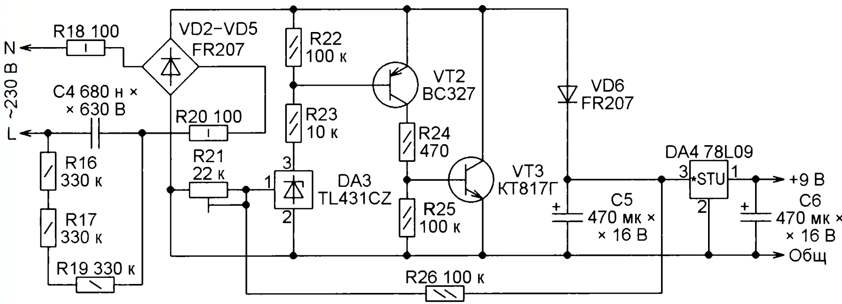


Рис. 2

Хочу сразу отметить, что обычным мультиметром измерить амплитуду пульсирующего напряжения на управляющих электродах стабилизаторов нельзя. Поэтому для регулировки порогов приходится подавать на вход устройства сетевое напряжение через лабораторный регулируемый автотрансформатор (ЛАТР). Поочерёдно устанавливая с его помощью это напряжение равным нижнему (обычно 180 В) и верхнему (обычно 250 В) допустимым пределам, находят такие положения движков подстроечных резисторов (соответственно R4 и R11), при которых на выводах 8 и 9 логического элемента DD1.4 начинают появляться импульсы. В полностью собранном устройстве регулировку можно производить и без контроля появления импульсов по гашению светодиода HL1.

В исходном состоянии, когда напряжение сети в норме, на управляющем входе стабилизатора DA2 напряжение не превышает 2,5 В. Поэтому на катоде DA2 и на выводе 8 элемента DD1.4 действует высокий логический уровень напряжения. При этом на катоде стабилизатора DA1 и на входах элемента DD1.2 напряжение ниже порога переключения последнего благодаря сглаживающему действию конденсатора C3. На выходе элемента DD1.2 и на выводе 9 элемента DD1.4 уровень напряжения высокий. Значит, на выходе элемента DD1.4 уровень низкий и транзистор VT1 закрыт.

Конденсаторы C1 и C2 заряжаются через резистор R7. Приблизительно через 5 с после начала их зарядки напряжение на входах элемента DD1.1 достигает порога его переключения. Это приводит к установке на его выходе низкого уровня, а на выходе элемента DD1.3 — высокого. Через резистор R13, светодиод HL1, излучающий диод оптрона U1 течёт ток. Фотосимистор оптрона, открываясь в каждом полупериоде сетевого напряжения, открывает и симистор VS1. Потребители подключены к сети. Светодиод HL1, сигнализируя об этом, включён.

При напряжении в сети выше 250 В периодически открывается стабилизатор DA2. В этот момент на выводе 8 элемента DD1.4 появляется низкий логический уровень. На выходе этого элемента он проинвертирован и открывает транзистор VT1. Конденсаторы C1 и C2 быстро разряжаются через резистор R5 и открытый транзистор. Это приводит к установке низкого уровня на выходе элемента DD1.3 и прекращению тока в цепи светодиода HL1 и излучающего диода оптрона U1. Теперь светодиод HL1 погашен, а оптосимистор оптрона и симистор VS1 больше не открываются. Потребители отключены от сети.

Как только сетевое напряжение возвратится в допустимые пределы, стабилизатор DA2 закроется. Это приведёт к закрыванию транзистора VT1, и приблизительно через 5 с потребители будут подключены к сети.

При сетевом напряжении ниже 180 В прекратит открываться стабилизатор DA1. Конденсатор C3 зарядится до на-

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

пряжения питания, что переключит элемент DD1.2 в состояние с низким уровнем на выходе. Поскольку таким же будет уровень на выводе 8 элемента DD1.4, на выходе этого элемента он станет высоким. Это откроет транзистор VT1 и, как уже было описано, приведёт к отключению потребителей от сети.

Симистор BT138-600 (VS1) рассчитан на ток до 12 А. При коммутации нагрузки мощностью до 150 Вт он практически не нагревается. Но если мощность больше, ему обязательно нужен теплоотвод. Поэтому симистор размещён на краю печатной платы для возможности установки теплоотвода.

В состав описываемого реле контроля напряжения входит источник питания его электронных узлов, схема которого изображена на **рис. 2**. Конденсатор C4 гасит избыток сетевого напряжения, резисторы R18 и R20 ограничивают ток его первоначальной зарядки, диодный мост VD2 выпрямляет ток. Резисторы R16, R17 и R19 служат для разрядки конденсатора C4 после выключения питания. Их — три, по причине, описанной ранее.

зиционные обозначения элементов и пояснительные надписи.

Расположение деталей на печатной плате показано на **рис. 4**. Конденсатор

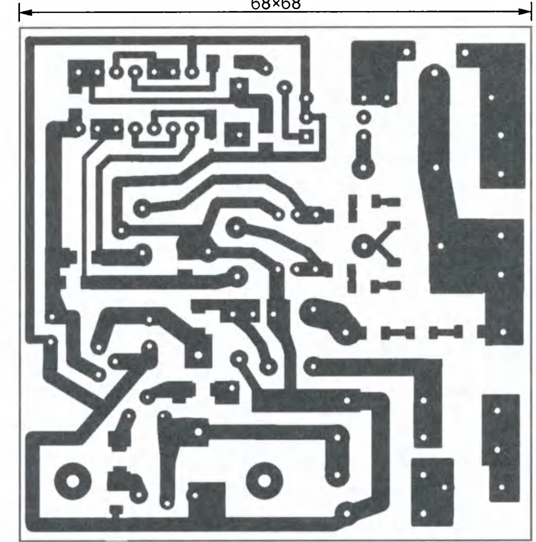


Рис. 3

600 В. Светодиод HL1 — любой, желательно зелёного свечения.

Поскольку найденное при налаживании устройства положение движков подстроечных резисторов в процессе эксплуатации может быть случайно изменено, я рекомендую после налаживания заменить каждый из этих резисторов парой постоянных. Суммарное сопротивление каждой пары должно быть равно введённому сопротивлению заменяемого подстроечного резистора.

Самодельное реле контроля напряжения не имеет, естественно, никаких сертификатов соответствия предъявляемым к таким устройствам требованиям. Поэтому его недопустимо устанавливать в подъездных электрических шкафах, общедомовых вводно-распределительных устройствах и других подобных местах. Но для собственного дома, гаража, дачи, квартиры оно вполне подойдёт. В связи с тем, что все его детали имеют гальваническую связь с электросетью, при налаживании и эксплуатации этого реле следует соблюдать осторожность и не прикасаться руками и инструментом с неизолированными ручками к деталям и печатным проводникам, пока оно не отключено от сети.

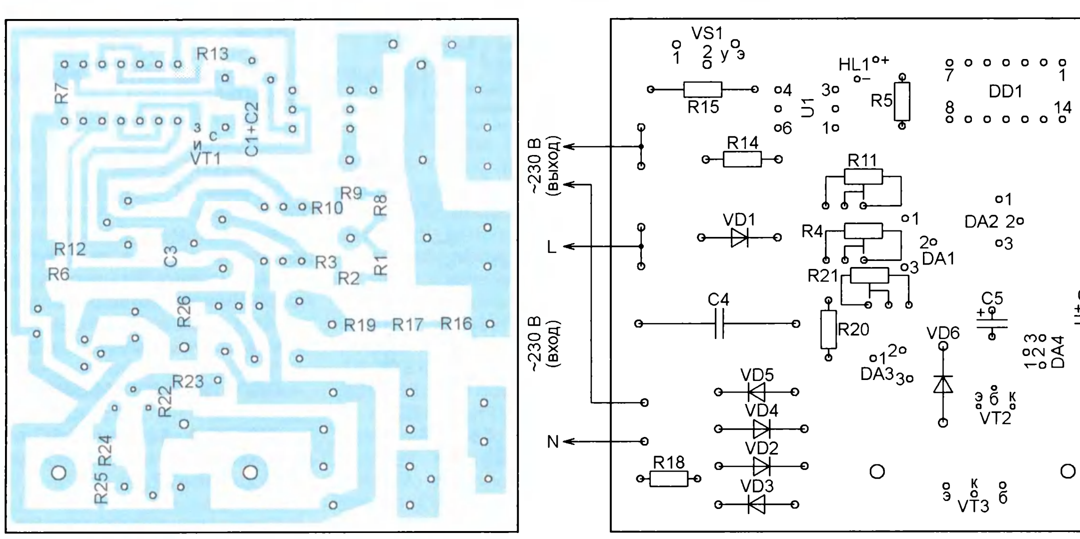


Рис. 4

Транзисторы VT2, VT3 и параллельный стабилизатор TL431CZ (DA3), который здесь использован по своему прямому назначению, обеспечивая постоянную нагрузку моста VD2—VD5, поддерживают на входе интегрального стабилизатора DA4 напряжение 13 В. Его точное значение устанавливают подстроечным резистором R21. Напряжение 9 В с выхода стабилизатора питает электронное реле.

Работа этого источника питания проверена при сетевом напряжении от 100 до 270 В. Подать на него более высокое напряжение мне не позволил имеющийся ЛАТР.

Печатная плата (**рис. 3**) изготовлена методом термопереноса рисунка печатных проводников на медное покрытие фольгированного с одной стороны текстолита. На её свободную от фольги сторону тем же методом нанесены позиционные обозначения элементов и пояснительные надписи.

C4 — плёночный на постоянное напряжение 630 В. Но с учётом возможности значительного повышения напряжения в сети лучше использовать конденсатор не менее чем на 1000 В постоянного или 400 В переменного напряжения. Резисторы R5, R14, R15, R18 и R20 — МЛТ или подобные указанный на схеме мощности, остальные конденсаторы и постоянные резисторы — типоразмера 1206 для поверхностного монтажа. Подстроечные резисторы — 3296. На плате предусмотрены крепёжные отверстия для теплоотвода транзистора VT3. Тип теплоотвода — HS 205-30, размеры — 30×33,5×12,5 мм.

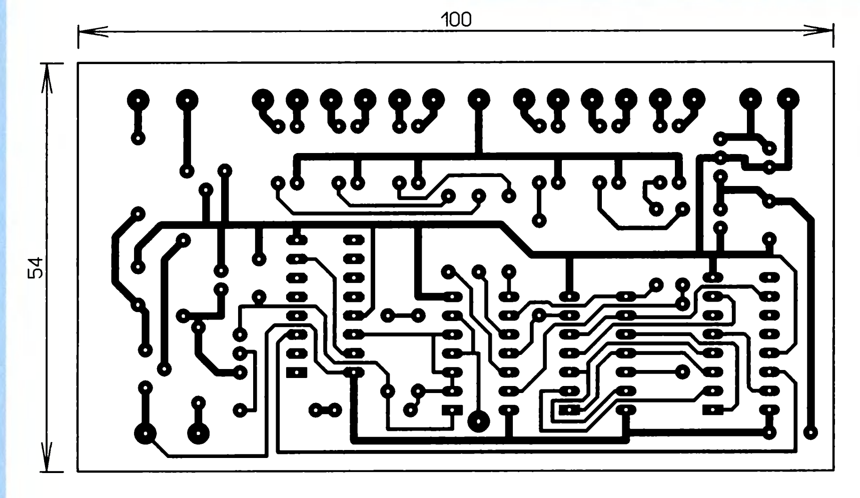
Транзистор IRLML0030TR можно заменить другим маломощным полевым n-канальным с изолированным затвором. Вместо диодов FR207 подойдут любые выпрямительные с допустимым обратным напряжением не менее

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

ГЕРАСИМОВ Е. Задающий генератор регулятора частоты для трёхфазного асинхронного двигателя. — Радио, 2017, № 5, с. 32, 33.

Печатная плата.

Чертёж печатной платы устройства и расположение элементов приведены на **рис. 1**. На ней размещены все элементы, кроме реле K1, K2, кнопок SB1, SB2 и переменного резистора R3.



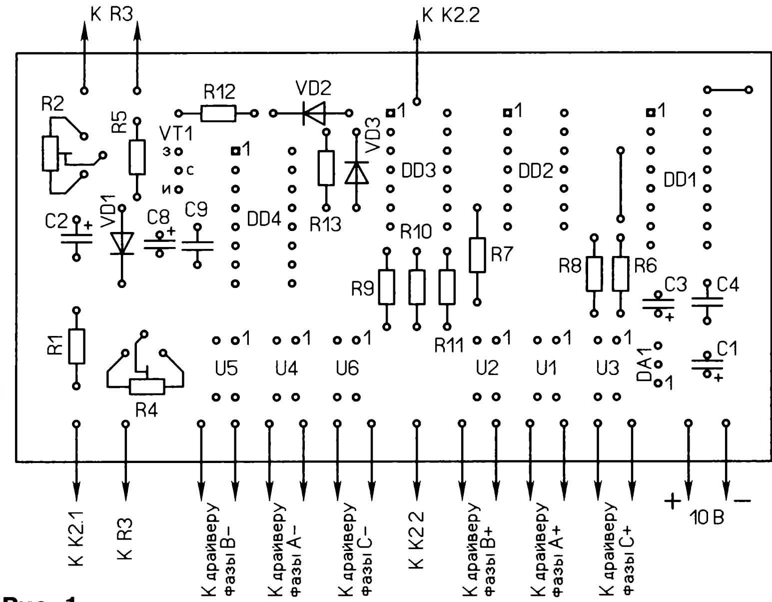


Рис. 1

Плата рассчитана на установку элементов для монтажа в отверстия. Логические микросхемы DD1—DD4 и оптопары U1—U6 — в корпусном исполнении DIP. Конденсаторы C4—C7, C9 — керамические, например, К10-17Б, КМ5, КМ6 или импортные; C4—C7 монтируют непосредственно на выводах питания микросхем DD1—DD4 по одному на каждой (на рис. 1 они не показаны). На плате предусмотрен вариант установки конденсатора C4 ёмкостью 68...100 нФ. При этом необходимо дополнительно установить конденсатор C5 ёмкостью 22 нФ между выводами питания 7 и 14 микросхемы DD3 (74HCT14), а C6 и C7 в этом случае можно не устанавливать. Подстроечные резисторы — СП-3-38а или импортные.

От редакции. Чертежи печатной платы в форматах Sprint LayOut 5.0 и TIFF имеются по адресу ***ftp://ftp.radio.ru/pub/2017/09/zg.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

ГЛИБИН С. Микромощный преобразователь напряжения с высоким КПД. — Радио, 2017, № 5, с. 23.

Печатная плата.

Чертёж печатной платы и расположение элементов приведены на **рис. 2**. Оксидные конденсаторы — поверхностно монтируемые танталовые типоразмера B. Предусмотрена установка дросселя L1 как в поверхностно монтируемом исполнении (SMD), так и с монтажом в отверстия (серии EC24).

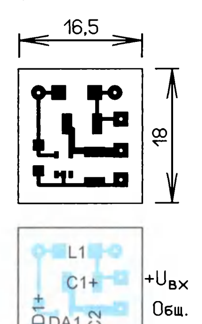


Рис. 2

От редакции. Чертежи печатной платы в форматах Sprint LayOut 5.0 и TIFF имеются по адресу ***ftp://ftp.radio.ru/pub/2017/09/micro_pw_dc-dc.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

ГЛИБИНА В., ПЕТРОВ А. Определитель выводов и основных параметров транзисторов и диодов. — Радио, 2013, № 12, с. 15—19.

На вопросы читателей отвечают авторы.

Можно ли питать прибор от сетевого БП?

Источник питания прибора может быть любым, в том числе и сетевым, с выходным стабилизированным напряжением +5 В и током нагрузки не менее 100 мА. Для исключения коротких провалов в выходном напряжении из-за импульсного характера тока потребления прибором на его плате должен быть обязательно установлен блокировочный конденсатор C8.

ОБРАТИТЕ ВНИМАНИЕ

БУТОВ А. Активная АС с комбинированным питанием. — Радио, 2016, № 9, с. 16—18.

Соединения резистора R15 с элементами L1, C11, R14, C14 быть не должно.

НАШИМ АВТОРАМ

Уважаемые авторы!

Напоминаем, что в отправляемых в редакцию статьях рисунки схем, печатных плат и иной графики должны быть представлены в форматах BMP, TIFF, JPEG, GIF или в версиях программ Splan (рисунки схем) и Sprint LayOut (рисунки плат). С более подробной информацией по правилам оформления статей Вы можете ознакомиться по адресу http://www.radio.ru/author/ (на сайте журнала "Радио" в разделе "Авторам").

Часы с циферблатом на микроамперметре

Д. МАМИЧЕВ, п. Шаталово Смоленской обл.

Эти часы — стрелочные, но взамен классического циферблата для индикации часов и минут в этом устройстве применён стрелочный микроамперметр (**рис. 1**). Основа часов — плата Arduino Uno и микроамперметр с током полного отклонения, например 100 мкА. Учитывая точность хода таких часов, можно ограничиться индикацией часов и минут, поручив выполнение функций часовой и минутной стрелки стрелочному прибору. Устройство подсчитывает число минут и часов, прошедших с момента включения питания или установки времени и преобразует их в пропорциональное среднее значение напряжения, которое и измеряет вольтметр на основе микроамперметра.

Рис. 1

Схема часов показана на **рис. 2**. Резисторы R2 и R4 — добавочные, они позволяют использовать микроамперметр в режиме вольтметра. Подстроечным резистором R4 калибруют вольтметр — устанавливают стрелку прибора на максимальное деление шкалы при максимальном значении выходного напряжения (около 5 В). Изменение его величины от 0 до 5 В происходит благодаря ШИ-модуляции на выходе 6 Arduino. Конденсатор C1 сглаживает импульсы напряжения на микроамперметре и устраняет его нежелательный "писк".

Изготовление конструкции удобнее начать с изготовления новой шкалы прибора. Для этого головку прибора аккуратно разбирают и снимают шкалу. Её контур обводят на листе белой бумаги, наносят карандашом линии — продолжения рисок, и по ним разграничивают на бумажном контуре новые шкалы. Верхняя шкала предназначена для индикации часов в интервале от 0 до 24, нижняя — для минут от 0 до 60. Новую шкалу крепят поверх старой с помощью липкой ленты, заворачивая её за края, и собирают прибор.

Кнопка SB1 (дублирует кнопку перезагрузки на плате) перезапускает программу, обнуляя текущее время. С помощью кнопки SB2 устанавливают значение текущего времени при запуске часов. Когда горит светодиод HL1, выставляют минуты, когда светодиод HL2 — часы. Переключение светодиодов происходит каждые 10 с. Вместе с этим меняется и положение стрелки на шкалах, указывая число часов и минут. Скетч программы выложен на редакционном сайте.

В начале программы указаны восемь переменных и их тип. Переменная k отвечает за счёт минут, переменная j — часы, переменная n отвечает за переключение режимов индикации часов или минут, принимая значение 0 или 1. Одновременно с этим осуществляется переключение светодиодов-указателей. Меняя в скетче начальные значения переменных k и j, перезагружая и включая часы на разные промежутки времени, можно проконтролировать равномерность нарисованных шкал, при необходимости корректируя их.

В части loop() постоянно вызывается функция millis(). Отдаваемое ею значение присваивается переменной y2. Функция возвращает количество миллисекунд с момента начала выполнения текущей программы на плате Arduino. Это значение сбрасывается на ноль вследствие переполнения значения, приблизительно через 50 дней. Далее программа постоянно сравнивает переменную y2 со значением переменной y1. Если их разность достигнет 60 с (**if(y2-y1>=60000)**), выполняется команда **k++;y1=y2;**. При этом увеличивается на единицу значение переменной k, а переменная y1 примет текущее значение переменной y2. В результате начнётся отсчёт новой минуты. Когда число минут достигнет 60 и будет выполняться условие **if(k==60)**, k обнулится, j увеличит на единицу своё значение **{k=0;j++;}**. После отсчёта 24 ч сработает условие **if(j==24){j=0;}** и пойдёт отсчёт времени новых суток.

Каждые 10 с стрелка прибора меняет своё местоположение на шкале, попеременно указывая число минут и

часов. Функция **map()** пропорционально переносит значение из текущего интервала значений в новый интервал, заданный параметрами. Эта функция оперирует целыми числами. Команду **k1=map(k,0,60,0,255)** можно интерпретировать так: переменной k1 присваивается значение, пропорциональное текущему значению переменной k из интервала 0—255, зная, что значение k находится в интервале 0—60. При пропорциональном переносе дробная часть чисел не округляется по правилам, а просто отбрасывается.

Смысл команды **analogWrite(6,k1)** такой. После её вызова на выводе 6 будут формироваться прямоугольные импульсы с ШИМ и заданной длительностью до следующего вызова analogWrite. Частота ШИМ-сигнала — приблизительно 490 Гц. Чтобы с такой же частотой не "пищал" микроамперметр, установлен конденсатор C1. Следует учитывать, что не все выводы Arduino Uno поддерживают ШИ-модуляцию, а только 3, 5, 6, 9, 10 и 11. Переменная k1 принимает значение от 0 до 255 и задаёт среднее значение напряжения на выводе 6 от 0 до 5 В. Аналогично работает и строка **if(y2-y3>=10000&n==0){n=1; y3=y2;j1=map(j,0,24,0,255);analog Write(6,j1);}**. Её смысл такой — каждые 10 с на вывод 6 поступает напряжение, пропорциональное числу отсчитанных часов.

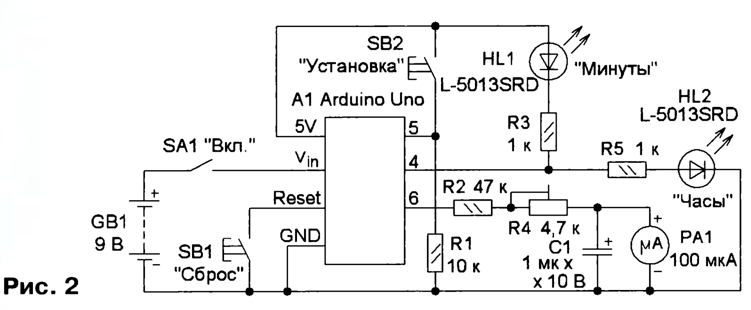


Рис. 2

За процедуру установки начального значения часов отвечают строки **if(digitalRead(5)==HIGH&n==1){j++;if (j==24){j=0;}; j1=map(j,0,24,0,255); analogWrite (6,j1);delay(200);}**.

Если на выводе 5 высокий уровень (кнопка SB2 нажата), переменная n = 1 и число часов (j) увеличивается на единицу. Если оно стало равно 24, j обнуляется. На вывод 6 поступает напряжение, пропорциональное числу уставленных часов. После паузы длительностью 0,2 с (чтобы успеть отпустить кнопку) работа программы продолжается.

Следующие две строки отвечают за установку минут: **if(digitalRead(5)==HIGH&n==0){k++;if (k==60){k=0;}** и **k1=map(k,0,60,0,255);analogWrite(6, k1);delay(200);}**.

Установка часов или минут проводится в зависимости от того, какой из светодиодов включён. После установки времени часы ведут его отсчёт до новой установки или отключения питания.

Все элементы устройства монтируют в пластмассовом футляре подходящих размеров. Надписи на лицевой панели распечатаны на принтере и закреплены на ней с помощью липкой ленты. В конструкции можно использовать любой микроамперметр магнитоэлектрической системы с током отклонения 50...500 мкА, горизонтального или вертикального расположения (в авторском варианте часы получились "лежачие").

Потребляемый часами ток — 25...45 мА. Питать конструкцию можно от батареи напряжением 9 В или от сетевого нестабилизированного блока питания напряжением 9...12 В.

От редакции. *Программа для Arduino находится по адресу* ***ftp://ftp.radio.ru/pub/2017/09/clock.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

Аккумуляторный источник питания напряжением 3,3 В

А. БУТОВ, с. Курба Ярославской обл.

Источник питания, схема которого изображена на **рис. 1**, предназначен для работы с различными аппаратами, рассчитанными на питание от гальванических или аккумуляторных батарей напряжением около 3 В (малогабаритные радиоприёмники, компактные фотоаппараты, фотовспышки [1], измерительные приборы, детские игрушки). Его также можно использовать как источник резервного освещения, например, при отключении сетевого электроснабжения. Выходное напряжение источника — стабилизированное 3,3 В при токе нагрузки до 2 А. Источник энергии — литий-ионный аккумулятор с номинальным напряжением 3,7 В и ёмкостью 1080 мА·ч.

Напряжение на выводах полностью заряженного литий-ионного аккумулятора может достигать 4,2...4,35 В. Питать таким напряжением аппараты, рассчитанные на питание напряжением 2,4...3,6 В и содержащие в своём составе электродвигатели и (или) высоковольтные преобразователи напряжения (игрушки, фотоаппараты), нежелательно. Поэтому устройство оснащено стабилизатором напряжения на микросхеме KIA278R33Pi (DA1). В отличие от распространённых интегральных трёхвыводных стабилизаторов, падение напряжения на этой микросхеме весьма мало: у применённого экземпляра при токе нагрузки 10 мА оно не превышает 3,6 мВ, а при токе 100, 500 и 2000 мА — соответственно 15, 65 и 375 мВ. Ток стабилизатора при входном напряжении 4,2 В — около 5 мА.

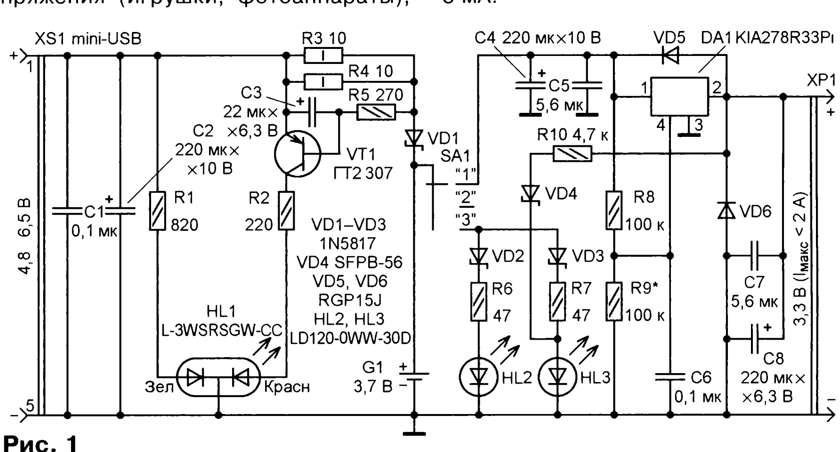


Рис. 1

Если переключатель SA1 установлен в положение "1", напряжение аккумулятора G1 поступает на вход стабилизатора DA1. Напряжение около 3,3 В с выхода стабилизатора поступает на вилку XP1, которую подключают к питаемому устройству. В этом режиме работы неярко светится светодиод HL3, ток через него ограничивает резистор R10. Диоды VD5, VD6 защищают стабилизатор в случае, если к выходу устройства будет подключён, например, другой аккумулятор или заряженный конденсатор большой ёмкости. Резистивный делитель R8R9 предназначен для выключения микросхемы при входном напряжении менее 3 В.

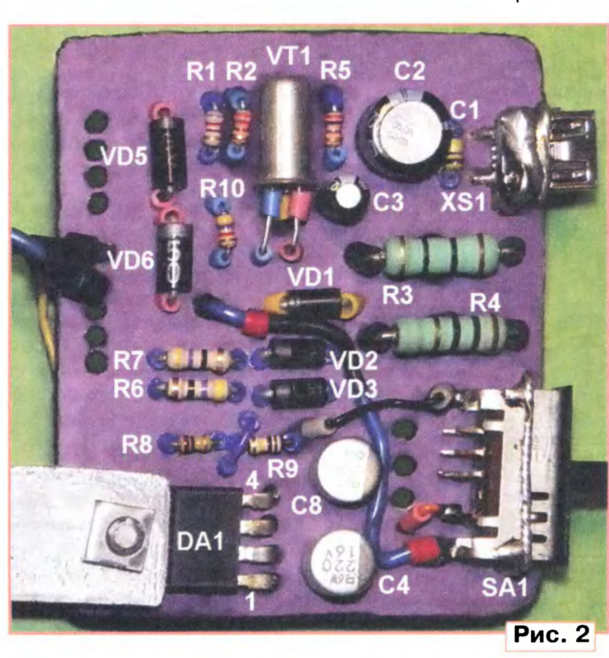


Рис. 2



Рис. 3

При установке переключателя SA1 в положение "3" устройство работает как источник резервного освещения, как ночник. При напряжении аккумулятора 4,2 В общий ток через сверхъяркие светодиоды HL2, HL3 — около 24 мА. Если же SA1 находится в положении "2", ток от G1 не потребляется.

Заряжать аккумулятор можно практически от любого зарядного устройства для мобильных устройств, рассчитанного на ток нагрузки не менее 0,5 А при выходном стабилизированном напряжении 4,8...5,5 В (например, [2, 3]). Его подключают к розетке XS1 (mini-USB). Во время зарядки германиевый транзистор VT1 открыт, поэтому двухцветный светодиод HL1 светит оранжевым цветом, а по окончании зарядки сменяется зелёным. Конденсатор C3 снижает чувствительность узла на транзисторе VT1 к пульсациям тока зарядки.

Большинство деталей источника размещены на монтажной плате размерами 55×46 мм (**рис. 2**). Монтаж — двухсторонний навесной. Под нагревающимися при зарядке аккумулятора резисторами R3, R4 в плате просверлены вентиляционные отверстия диаметром 3,3 мм. Светодиоды приклеены к верхней крышке корпуса цианакрилатным клеем. Вид на монтаж источника в корпусе устройства показан на **рис. 3**.

Каких-либо особых требований к резисторам в этом устройстве не предъявляется, они могут быть любых типов соответствующей мощности рассеяния. Оксидные конденсаторы — низкопрофильные импортные аналоги К50-68, К53-30 высотой не более 7 мм, остальные — малогабаритные керамические. Блокировочные конденсаторы C4, C5, C7, C8 следует разместить как можно ближе к соответствующим выводам микросхемы DA1.

Диоды Шотки 1N5817 и SFPB-56 заменимы любыми из 1N5818, 1N5819, EC31QS04, SB120—SB160, MBRS140T3. Вместо диодов RGP15J можно установить любые из серий RGP15, FR151—FR157, FR201—FR207, RG2A—RG2M, КД258. Двухцветный светодиод L-3WSRSGW-CC заменим любым аналогичным, например, L-3VEGW, L-469SRSGW, L-469SURKSGW. Сверхъяркие светодиоды LD120-0WW-30D белого свечения (яркость — около 3,5 Кд) можно заменить любыми аналогичными с прямым напряжением около 3,2 В при токе 20 мА. При использовании светодиодов с прямым напряжением 2,8 В (например, RL30-WH744D) вместо диодов Шотки VD2, VD3 следует установить обычные кремниевые диоды, например, 1N4148, КД521А.

Переключатель SA1 — малогабаритный импортный движковый на три положения (при наличии нескольких групп одноимённые контакты соедините параллельно). Литий-ионный аккумулятор — плоский, фирмы Samsung, номинальной ёмкостью 1080 мА·ч с встроенным защитным контроллером, приклеен к корпусу устройства двухсторонним скотчем. Подойдёт любой аналогичный аккумулятор с номинальным напряжением 3,7 В, но учтите, что не все подобные аккумуляторы способны отдавать в нагрузку ток 2 А.

Вместо микросхемы KIA278R33Pi подойдёт KIA278R30Pi, но в этом случае выходное напряжение устройства снизится до 3 В. К теплоотводящему фланцу микросхемы прикреплён дюралюминиевый теплоотвод в виде пластины размерами 55×17×1,5 мм.

Габариты пластмассового корпуса устройства — 106×65×17 мм (применена оклеенная декоративной ПВХ-плёнкой коробка от типового комплекта маломощной лазерной указки).

Безошибочно собранное из исправных деталей устройство начинает работать сразу и налаживания не требует. Во время подзарядки аккумулятора допускается использование его для питания маломощной нагрузки, например, карманного радиоприёмника. В этом случае, если аккумулятор полностью заряжен, светодиод HL1 может мигать в такт с колебаниями громкости звука радиоприёмника, это нормально.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Бутов А.** Фотовспышка со светосинхронизацией. — Радио, 2013, № 2, с. 27—29.

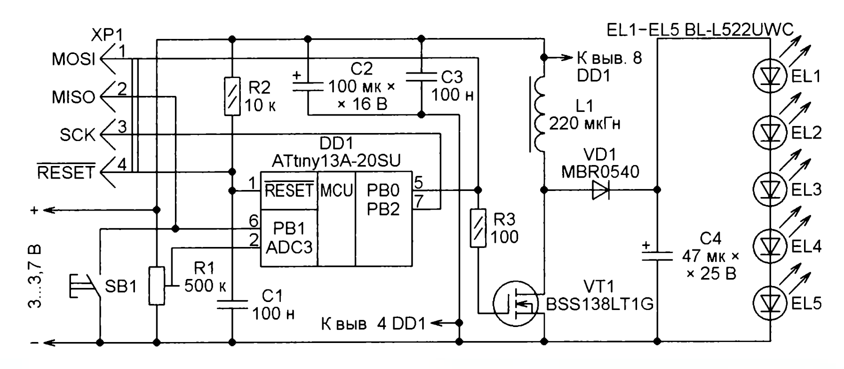
2. **Бутов А.** Доработка сетевого зарядного устройства. — Радио, 2013, № 3, с. 20.

3. **Бутов А.** Малогабаритная активная АС — USB зарядное устройство. — Радио, 2014, № 6, с. 14, 15.

Микроконтроллер в светодиодном фонаре

Н. САЛИМОВ, г. Ревда Свердловской обл.

Схема фонаря показана на **рисунке**. На полевом транзисторе VT1, дросселе L1, диоде VD1 и конденсаторе C4 собран повышающий преобразователь, управляющие импульсы для которого вырабатывает микроконтроллер DD1. С подвижного контакта подстроечного резистора R1 снимают и подают на вход АЦП микроконтроллера часть напряжения питания для его контроля. Кнопкой SB1 включают фонарь и регулируют яркость его свечения. Пять светодиодов EL1—EL5 включены последовательно. Чтобы открыть их, напряжения 3,7 В, поступающего через диод VD1, когда преобразователь не работает (микроконтроллер DD1 находится в спящем режиме), для этого явно недостаточно, поэтому отключение светодиодов от источника питания не предусмотрено.



Если нет ограничений по габаритам платы, вместо микроконтроллера ATtiny13A-SU можно установить ATtiny13A-PU, а применённый в оригинале малогабаритный дроссель LQH43CN221K типоразмера 1812 для поверхностного монтажа заменим на RLB0712 с проволочными выводами. Его индуктивность может находиться в пределах 100...220 мкГн. Вместо диода MBR0540 подойдёт отечественный КД212А, а вместо полевого транзистора BSS138LT1G — 2N7002 или IRLR2905.

Программа микроконтроллера обеспечивает регулирование яркости свечения светодиодов, быстрое и отложенное автоматическое выключение фонаря, индикацию недопустимого понижения питающего напряжения. Таймер T0 генерирует управляющие импульсы в режиме быстрой ШИМ. К неинвертирующему входу встроенного в микроконтроллер аналогового компаратора подключён внутренний источник образцового напряжения, а на его инвертирующий вход контролируемое напряжение поступает с входа ADC3 через входной коммутатор АЦП. Состояние выхода компаратора программа микроконтроллера определяет, читая разряд ACO регистра ACSR. Если ACO=0, напряжение питания в норме. При ACO=1 оно ниже допустимого, регулирование яркости запрещено, через 15 с микроконтроллер перейдёт в режим "сна".

Таймеры выключения фонаря реализованы программно и представляют собой трёх- и четырёхбайтовые счётчики, декрементируемые по прерываниям от таймера T0. Исходное число в счётчике равно требуемой задержке выключения в секундах, умноженной на 37500, — частоту следования управляющих импульсов в герцах. Один таймер служит для быстрого выключения фонаря и работает только при минимальной яркости светодиодов. Его выдержка — 15 с, по истечении которой программа выключает светодиоды, а микроконтроллер переводит в режим POWER DOWN с минимальным потреблением энергии. Другой таймер работает с момента включения фонаря и выключает его по истечении 10 мин. Это предупреждает преждевременную разрядку питающей батареи, если фонарь не выключили вовремя.

Разряд	Сост.	Разряд	Сост.
SELFPREGEN	1	VDTON	1
DWEN	1	CKDIV8	1
BODLEVEL1	1	SUT1	1
BODLEVEL0	1	SUT0	0
RSTDISBL	1	CKSEL1	1
SPIEN	0	CKSEL0	0
EESAVE	1		

1 – не запрограммирован,
0 – запрограммирован.

При нажатии на кнопку SB1 выключенного фонаря микроконтроллер выходит из "спящего" состояния и программа включает светодиоды с минимальной яркостью. Нажатиями на кнопку можно повысить яркость до необходимой. Предусмотрено семь её градаций. Достигнув максимума, яркость скачком уменьшается до минимальной и процесс повторяется. По мере разрядки источника питания его напряжение понижается, соответственно уменьшается яркость свечения фонаря. В тот момент, когда напряжение станет меньше порога срабатывания компаратора, яркость скачком понизится до минимальной, а через 15 с фонарь выключится. Однако за это время можно нажатиями на кнопку установить уровень яркости, меньший того, при котором произошёл "сброс". Вследствие уменьшения нагрузки питающее напряжение вновь станет больше порога срабатывания компаратора и фонарь сможет проработать ещё некоторое время.

В прилагаемом к статье файле FONAR-2M.asm находится исходный текст программы на языке ассемблера. Имеющееся в его начале определение

```
#define Li_Ion
```

означает, что программа предназначена для микроконтроллера фонаря, питающегося от литий-ионного аккумулятора с номинальным напряжением 3,7 В. Если закомментировать это определение, поставив перед ним точку с запятой, то в программе изменятся значения некоторых констант и она станет пригодной для фонаря, питающегося от батареи из двух гальванических элементов с общим напряжением 3 В. Чтобы избавить читателя от лишних хлопот, к статье приложены результаты трансляции обоих вариантов программы: FONAR-2M.hex и FONAR_2M_3V.hex соответственно. Конфигурацию микроконтроллера в обоих случаях программируют согласно **таблице**.

В схеме повышающего преобразователя имеется "подводный камень", приводящий к неприятным последствиям. Нарушение работы формирователя импульсов (ШИ-модулятора в микроконтроллере) приводит к выгоранию транзистора VT1, повреждается и дроссель L1. Поэтому первое включение преобразователя рекомендуется производить без транзистора VT1, контролируя наличие импульсов на выводе PB0 микроконтроллера осциллографом. Далее следует установить транзистор и отрегулировать подстроечным резистором R1 напряжение срабатывания защиты от чрезмерной разрядки питающего фонарь элемента или их батареи.

При применении литиевого аккумулятора LIR18650 или аналогичного с номинальным напряжением 3,7 В его минимально допустимое напряжение — около 2,75 В. Именно такое напряжение нужно подать на выводы питания фонаря от лабораторного источника или, например, от двух частично

разряженных гальванических элементов. Предварительно движок подстроечного резистора R1 следует установить в верхнее по схеме положение. Включив питание, перемещайте движок в обратном направлении, проверяя нажатиями на кнопку SB1 возможность изменения яркости. Когда оно станет невозможным, регулировка закончена. Это должно произойти при напряжении между движком и нижним по схеме выводом подстроечного резистора около 1,1 В.

Регулировку фонаря, предназначенного для питания от гальванической батареи, с загруженными в программную память кодами из файла FONAR_ 2M_3V.hex производят аналогично. Но во время его регулировки напряжение питания должно быть 2...2,2 В. Понятно, что в этом случае защищается не батарея, а само устройство от непредсказуемых действий микроконтроллера при дальнейшем снижении напряжения питания.

Коэффициент полезного действия преобразователя — не менее 75 %, потребляемый ток при максимальной яркости свечения светодиодов — 150 мА, ток через светодиоды — не более 30 мА. В "спящем" режиме фонарь потребляет ток 8 мкА, причём его основной потребитель — подстроечный резистор R1.

От редакции. *Программа микроконтроллера имеется по адресу* ***ftp://ftp.radio.ru/pub/2017/09/fonar.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

Экономичные светодиодные индикаторы тока

К. МОРОЗ, г. Белебей, Башкортостан

Для сигнализации и контроля в современной аппаратуре широко используются световые индикаторы, излучающими элементами в которых служат светодиоды различного цвета свечения. Такие устройства выполняют в основном по схеме индикаторов напряжения, хотя во многих случаях индикаторы тока (далее для краткости — ИТ) более информативны.

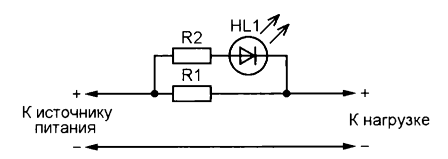


Рис. 1

Широкому распространению светодиодных ИТ (**рис. 1**) препятствует необходимость обеспечения падения напряжения на датчике тока — резисторе R1, превышающего напряжение свечения светодиода, т. е. в среднем около 1,8 В для светодиодов красного и зелёного свечения и примерно 2,9 В синего, вследствие чего такие ИТ имеют низкую экономичность. Для снижения падения напряжения на датчике тока, необходимого для работы светодиодного ИТ, применяют различные усилители постоянного тока или (в цепях переменного тока) трансформаторы тока. Применение усилителей усложняет устройство и требует их подключения трёхполюсником, трансформаторы тока весьма громоздки.

Известен способ питания светодиода от источника с низким напряжением, заключающийся в использовании преобразователя напряжения. Такие устройства различной степени сложности применяют профессионалы и радиолюбители, конструирующие малогабаритные фонари, в которых осветительный светодиод белого свечения питается от одного гальванического элемента или аккумулятора. Преобразователи сохраняют работоспособность при напряжении питания ниже 1 В. Это сравнительно мощные устройства, обеспечивающие ток через светодиод в несколько десятков миллиампер.

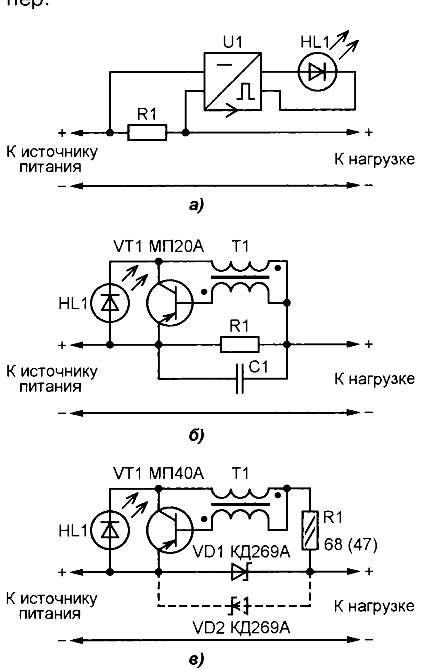


Рис. 2

Если для питания светодиода применить преобразователь напряжения, а в качестве источника питания для него использовать падение напряжения на датчике тока (**рис. 2**,а), то потери мощности можно существенно снизить.

Современные сверхъяркие индикаторные светодиоды различного свечения светят достаточно ярко при токе около 200 мкА, и мощность преобразователей, применяемых в фонариках, оказывается излишней.

При проведении экспериментов по снижению выходной мощности простейшего преобразователя — блокинг-генератора — выяснилось, что этот преобразователь, выполненный на маломощном германиевом транзисторе, развивает выходную мощность, достаточную для свечения сверхъяркого светодиода, при напряжении питания всего 0,1...0,2 В, что сопоставимо с падением напряжения на шунте стрелочного электроизмерительного прибора.

На рис. 2,б изображена схема наиболее экономичного светодиодного индикатора тока для устройств, потребляющих сравнительно стабильный ток. При применении транзистора МП20А со статическим коэффициентом передачи тока базы не менее 100 светодиод HL1 светит достаточно ярко при падении напряжения на датчике тока резисторе R1 не более 0,1 В. Трансформатор T1 намотан на кольцевом ферритовом магнитопроводе с наружным диаметром 10 мм от ЭПРА неисправной КЛЛ. Обе обмотки содержат по 24 витка эмалированного провода диаметром 0,18 мм.

Этот ИТ применим в цепях как постоянного, так и переменного тока: при положительной полуволне питающего напряжения работает преобразователь и светит светодиод HL1, при отрицательной транзистор закрыт небольшим обратным напряжением. Ток через светодиод имеет вид пачек импульсов, следующих с частотой 50 Гц, но из-за инерционности зрения его свечение воспринимается непрерывным.

Если ИТ будет эксплуатироваться совместно с устройством, чувствительным к пульсациям питающего напряжения, то датчик тока следует шунтировать керамическим конденсатором ёмкостью 0,5...1 мкФ (C1). Сопротивление датчика тока подбирают таким, чтобы при максимальном токе нагрузки яркость свечения светодиода была ком-

фортной. Потребляемый преобразователем ток при этом обычно не превышает 2 мА.

Если ток, потребляемый нагрузкой, может изменяться в широких пределах, в таких устройствах в качестве датчика тока для ИТ следует применять диод Шотки (рис. 2,в). Его обратное напряжение может быть не более 25 В, а вот предельно допустимое значение прямого тока должно быть больше максимального тока нагрузки в несколько раз (например, для диода КД269А ток нагрузки не должен превышать 2 А, а для диода КД273А — 10 А). При выполнении этих условий и изменении тока нагрузки от 5 мА до максимального падение напряжения на диоде будет изменяться в пределах 0,2...0,35 В. Это позволяет использовать в преобразователе более распространённые низкочастотные германиевые транзисторы серий МП39—МП42 (минимальное напряжение питания преобразователя — 0,14...0,16 В) или высокочастотные серий ГТ308—ГТ310 (минимальное напряжение питания преобразователя — 0,2 В). Статический коэффициент передачи тока базы $h_{21Э}$ транзистора в таком применении должен быть не менее 15.

Трансформатор для этого ИТ намотан на таком же, что и предыдущем случае магнитопроводе, обе обмотки содержат по десять витков эмалированного провода диаметром 0,1 мм. Резистор R1 подбирают по оптимальной яркости свечения светодиода HL1 при максимальном токе нагрузки.

Если встречно-параллельно VD1 подключить такой же диод VD2 (показано на рис. 2,в штриховыми линиями), то получится экономичный светодиодный индикатор переменного тока,

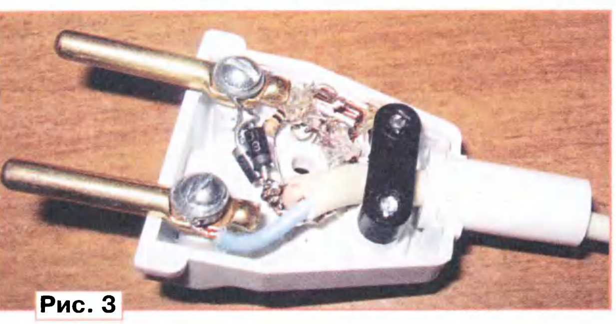


Рис. 3

который можно применить в цепях переменного тока напряжением от нескольких вольт до нескольких сотен вольт. Весьма удобно использовать его в качестве индикатора сетевого тока. При мощности нагрузки до 400 Вт диоды КД269А нагреваются незначительно, поэтому индикатор можно смонтировать навесным монтажом в евровилке.

Если мощность нагрузки не превышает 100 Вт, то при использовании малогабаритных деталей (диодов Шотки 1N5818, сверхъяркого светодиода и транзистора серии ГТ310) индикатор сетевого тока можно собрать и в обычной вилке (**рис. 3**). Магнитопровод трансформатора этого ИТ — ферритовая трубка с наружным диаметром 5 и длиной 6 мм (такие трубки надевают на выводы некоторых деталей в импульсных блоках питания). При необходимости трубку можно разрезать пополам, получив сразу два кольцевых магнитопровода. Перед намоткой острые кромки колец необходимо скруглить мелкозернистой наждачной бумагой. Обе обмотки содержат по десять витков эмалированного провода диаметром 0,1 мм. Наматывать их рекомендуется одновременно двумя проводами, продев их в ушко тонкой швейной иглы, а после намотки соединить начало одной обмотки с концом второй. Для светодиода в корпусе вилки нужно просверлить отверстие. После монтажа детали фиксируют в корпусе вилки несколькими каплями термоклея.

Предлагаемые светодиодные ИТ просты, дёшевы, экономичны, легко встраиваются в любую аппаратуру и способствуют повышению её потребительских свойств, расширяя область применения светодиодных индикаторов.

От редакции. *В устройстве по схеме на рис. 2,б отсутствует защита от перегрузки по току. Поэтому это устройство можно применять в цепях, в которых отсутствуют броски тока.*

Управление шаговым двигателем с помощью валкодера

С. ДОЛГАНОВ, г. Барабинск Новосибирской обл.

Блоки управления шаговыми двигателями обычно содержат несколько логических микросхем или микроконтроллер. Однако в тех случаях, когда сложный закон управления двигателем не требуется, а достаточно лишь вращать его вал в одну или другую сторону, отсчитывая число шагов "на глаз", от сложной логики можно отказаться.

Для ручного управления шаговым двигателем, открывающим и закрывающим теплицу, я применил валкодер. Но не обычный, с двумя группами контактов, замыкающихся и размыкающихся со сдвигом на полшага, а специально изготовленный, имеющий четыре (по числу обмоток двигателя) группы чередующихся контактов, поочерёдно замыкающихся с подвижным контактом при вращении вала, на котором укреплён подвижный контакт. Неподвижные контакты валкодера соединены с обмотками двигателя через электронные ключи, коммутирующие обмотки.

Конструкция самодельного валкодера изображена на **рис. 1**. На кольцо 4 из изоляционного материала намотана обмотка 3, содержащая 28 витков, четырьмя сложенными вместе лакированными одножильными медными проводами. Размеры кольца 4 и диаметр проводов должны быть подобраны так, чтобы на внутренней поверхности кольца витки плотно, практически без зазоров, легли в один слой, а провода чередовались в порядке 1-2-3-4 без перехлёстов.

К верхнему закруглённому срезу кольца 4 провода должны прилегать, по возможности, плотнее, зазоры между ними заливают эпоксидной смолой. Внутрь кольца 4 туго вставлена вырезанная из листового изоляционного материала центрирующая шайба 7 с отверстием для латунного вала 1. Шайбу 7 тоже крепят эпоксидной смолой. Такое же отверстие, как в центрирующей шайбе 7, сверлят в основании 2.

После затвердевания смолы кольцо 4 с обмоткой кладут верхним торцом на лист уложенной на гладкую поверхность мелкозернистой наждачной бумаги и равномерно сошлифовывают провода-контакты и эпоксидные перемычки между ними приблизительно на четверть диаметра провода. Так создают контактную поверхность, по которой скользит стальной шарик 6 подвижного контакта 5. Пара сталь—медь обеспечивает надёжный контакт и лёгкое скольжение.

Упругий подвижный контакт 5 с отверстием для шарика 6 припаивают ближе к верхнему концу вала 1. На нижний конец вала 1 надевают две металлические шайбы 8 и пропускают вал через отверстие в центрирующей шайбе 7, затем сквозь кольцо 4 с обмоткой (повёрнутое контактной поверхностью вверх) и, наконец, через отверстие, просверленное в основании 2.

Подбирая оптимальное положение кольца 4 на основании 2, добиваются, чтобы вал 1 легко вращался, а шарик 6 скользил строго по оголённой поверхности контактов, равномерно прижимаясь к ней. В этом положении кольцо 4 фиксируют на основании 2 эпоксидной смолой. Остаётся только устранить осевое перемещение вала 1, прижав его кронштейном 9. Получился валкодер на 112 положений (**рис. 2**).

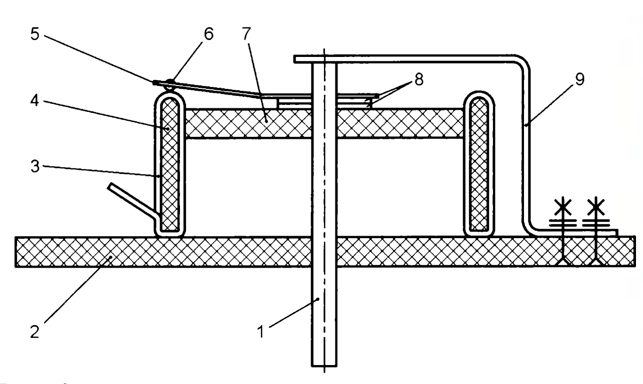


Рис. 1

Рис. 2

Он будет поочерёдно подключать к источнику питания обмотки униполярного шагового двигателя, который за один оборот вала валкодера станет делать 112 шагов. Направление шагов будет таким же, как у надетой на вал валкодера ручки управления, а их частота будет определяться скоростью её вращения.

На **рис. 3** показана принципиальная схема блока управления униполярным шаговым двигателем M1 с помощью описанного валкодера, обозначенного на ней S1. Поскольку в блоке четыре одинаковых электронных ключа, рассмотрим только один из них, собранный на транзисторах VT1 и VT2.

Предположим, что в момент подачи питания подвижный контакт валкодера не соединён ни с одним из неподвижных контактов группы A. Поэтому транзистор VT1 открыт, а конденсатор C1 разряжен. Транзистор VT2 закрыт, ток через включённую в цепь его стока обмотку двигателя M1 не течёт. Светодиод HL1 погашен.

В момент соединения подвижного контакта с неподвижным контактом группы A транзистор VT1 закрывается. Конденсатор C2 начинает заряжаться через резисторы R3 и R4. Вызванное током зарядки падение напряжения на резисторе R4 открывает полевой транзистор VT2 и удерживает его открытым. Через обмотку двигателя течёт ток, а светодиод HL1 включён, сигнализируя об этом. Но когда конденсатор C2 зарядится до такой степени, что напряжение на резисторе R4 упадёт ниже порога открывания транзистора VT2, он закроется. Это ограничит длительность импульсов тока в обмотке, что необходимо в тех случаях, когда ручку валкодера продолжительное время не вращают или делают это слишком медленно.

Имейте в виду, что отсутствие тока в обмотках двигателя в паузах между шагами экономит электроэнергию и снижает нагрев двигателя и транзисторов в электронных ключах, но ослабляет фиксацию его ротора в статических положениях. Это не имеет большого значения, если надёжная фиксация ротора двигателя в достигнутом положении не требуется или, например, в случаях, когда вращающий момент передают на перемещаемый объект через червячный редуктор.

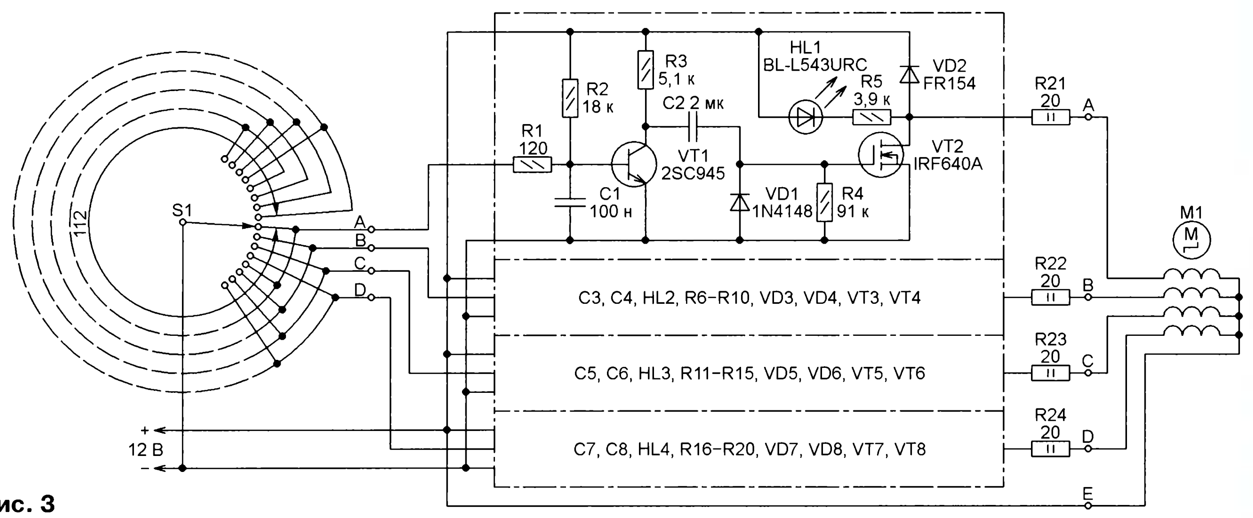
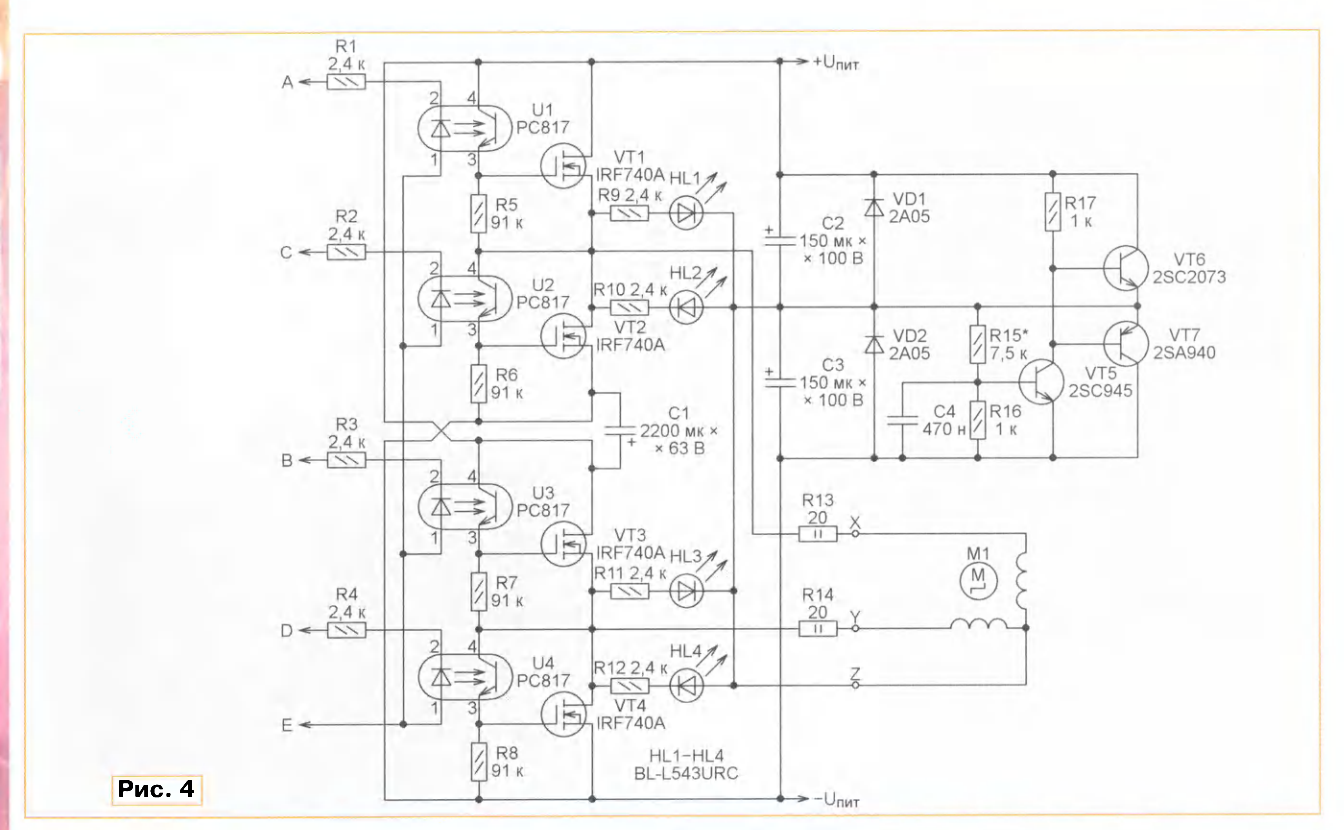


Рис. 3

При размыкании подвижного и неподвижного контактов транзистор VT1 открывается. Через него и диод VD1 разряжается конденсатор C2. Если транзистор VT2 был открыт, он закроется и прекратит ток в обмотке двигателя, а светодиод HL1 погаснет.

Диод VD2 предназначен для подавления импульсов напряжения само-



индукции, возникающих на обмотке в моменты прекращения текущего через неё тока. Фильтр R1C1 необходим для предотвращения самовозбуждения устройства. Оно возможно, поскольку валкодер состоит, по существу, из четырёх катушек индуктивности, связанных между собой как индуктивно, так и через межвитковые ёмкости.

Резисторы R21—R24 ограничивают ток в обмотках двигателя. Их сопротивление придётся подбирать индивидуально для двигателя каждого типа. Возможно, они совсем не потребуются. Светодиоды HL1—HL4 рекомендуется разместить так, чтобы создаваемый ими "бегущий огонь", перемещаясь, показывал направление вращения ротора шагового двигателя. При несовпадении этих направлений или пропуске шагов нужно проверить порядок подключения обмоток двигателя к выходам электронных ключей.

Я испытывал это устройство с шаговыми двигателями PM42L-EPAO и 103-550-0149 и получил хорошие результаты.

Схема устройства управления биполярным шаговым двигателем сложнее рассмотренной, так как требуется не только переключать обмотки, но и изменять направление текущего через них тока. Она изображена на **рис. 4**. Входные цепи A—E могут быть подключены как к одноимённым выходам электронных ключей устройства, собранного по схеме рис. 3, так и непосредственно к таким же группам контактов валкодера. Однако в последнем случае не будет ограничения длительности импульсов тока в обмотках двигателя.

Общий вывод обмоток двигателя в рассматриваемом случае подключён к искусственной средней точке напряжения питания $U_{пит}$, созданной с помощью узла на транзисторах VT5—VT7. Это уменьшило в два раза подаваемое на обмотки двигателя напряжение, но избавило от необходимости применять дополнительные электронные ключи для коммутации вторых выводов каждой обмотки. Напряжение в точке Z, равное половине $U_{пит}$, устанавливают подборкой резистора R15. Учтите, что при изменении напряжения питания подборку резистора придётся повторить.

От узла на транзисторах VT5—VT7 можно отказаться, если применить для питания двигателя двухполярный источник с реальной средней точкой, которую следует соединить с цепью Z.

Устройство было проверено с двигателями 16PU-M002-G1 и M49SP-1. Выяснилось, что при продолжительной работе и токе, потребляемом двигателем, более 0,2 А все мощные транзисторы следует установить на теплоотводы.

В любительских условиях паспортные данные на применяемые шаговые двигатели, как правило, отсутствуют. Нет и данных о назначении их выводов, число которых к тому же бывает разное. Я обычно выхожу из затруднительного положения следующим образом.

Прежде всего, с помощью омметра нахожу выводы каждой из обмоток. Если их две (с общим выводом или без него) — двигатель биполярный. При отсутствии общего вывода создаю его, соединив вместе по одному (любому) выводу каждой обмотки. Чтобы безошибочно оценивать на глаз направление шагов вала двигателя, надеваю на него указатель в виде стрелки. Затем, поочерёдно подключая к общему и к свободному выводу каждой обмотки источник питания в разной полярности, нахожу такую последовательность подключений, при которой вал двигателя без пропусков и сбоев "шагает" в нужном направлении.

Приблизительно такую же процедуру я использую с униполярным двигателем. Он может иметь четыре обмотки с общим пятым выводом или две пары обмоток с отдельным общим выводом каждая (всего шесть выводов). В последнем случае общие провода пар я объединяю в один. Подключая источник питания плюсом к общему проводу всех обмоток, а минусом — поочерёдно к каждой обмотке, определяю их последовательность для шагов в нужном направлении.

Самый сложный случай — двигатель с четырьмя обмотками, имеющими восемь отдельных выводов. Эти обмотки можно соединять по-разному, делая двигатель униполярным или биполярным. Но на поиск правильной последовательности подачи на них напряжения придётся затратить гораздо больше времени, чем в предыдущих случаях.

SK RU3AX

27 июля этого года редакция понесла тяжёлую утрату, на 77-м году ушёл из жизни **Борис Григорьевич СТЕПАНОВ (RU3AX)** — первый заместитель главного редактора журнала "Радио", в котором он также был и ответственным редактором журнала в журнале "Радио" — о связи".

Он начал заниматься радиолюбительством в 1952 г., а уже в 1953 г. получил наблюдательский позывной UA3-371 и вышел в эфир на радиостанции UA3KAS Городского дома пионеров г. Москвы.

В 1960 г. Борис Григорьевич получил личный радиолюбительский позывной UW3AX (с 1992 г. — RU3AX). Он был удостоен званий мастера спорта СССР, судьи всесоюзной категории по радиоспорту.

Первую свою заметку в журнале "Радио" он опубликовал в 1961 г. ("Простые генераторы для изучения азбуки Морзе", № 6, с. 21).

После окончания Московского физико-технического института в 1964 г. Борис Григорьевич был направлен на работу в Институт радиотехники и электроники (ИРЭ) АН СССР. Трудовую деятельность в редакции журнала "Радио" он начал в 1975 г., когда был приглашён на должность заместителя главного редактора. Без преувеличения можно сказать, что он с честью оправдал оказанное ему доверие. Кандидат физико-математических наук, высококвалифицированный радиоспециалист, за плечами которого уже был многолетний опыт автора журнала и постоянного рецензента, Борис Григорьевич на протяжении своей редакционной деятельности принимал самое активное участие во всех начинаниях и мероприятиях редакции, направленных на повышение качества журнала, его популярности среди многочисленных читателей — радиолюбителей и радиоспециалистов нашей страны.

Увлечённый и опытный коротковолновик Борис Григорьевич Степанов внёс большой вклад в развитие радиолюбительского движения в стране. Много лет он возглавлял Союз радиолюбителей России, был главным редактором популярных среди коротковолновиков "КВ-журнала" и журнала "Радиолюбитель — Вестник СРР". Он был организатором многих соревнований на призы журнала "Радио", инициатором размещения любительской радиостанции на борту орбитального комплекса "Мир" и обучения наших космонавтов работе в эфире.



С момента организации ФРС СССР в разные годы Борис Григорьевич был членом КВ-комитета первого района IARU, председателем комитета по международным связям, членом президиума. Принимал участие в составе делегаций ФРС СССР и СРР в нескольких конференциях первого района IARU. На четырёх из них входил в состав Избирательного комитета первого района.

Он был инициатором, руководителем и исполнителем ряда радиолюбительских проектов, сыгравших заметную роль в радиолюбительском движении. В 2016 г. он был внесён в Зал славы популярного американского радиолюбительского издания CQ Amateur Radio.

Борис Григорьевич — автор "Справочника коротковолновика" (три издания, 1974, 1986 и 1997 годы) и других книг, многих сотен публикаций в разных изданиях по вопросам радиолюбительства и радиоспорта.

Он разработал и опубликовал в журнале "Радио" несколько популярных конструкций связной и измерительной аппаратуры. В частности, в соавторстве с Геннадием Григорьевичем Шульгиным (UA3ACM, UZ3AU, ныне — RZ3CC) создал трансиверы "Радио-76" и "Радио-77".

Принимал участие в организации серийного производства наборов на основе "Радио-76" для изготовления трансиверов "Электроника-Контур-80" и приёмника "Электроника-160RX".

Трудно, да и, пожалуй, невозможно смириться с этой утратой. Мы навсегда сохраним светлую память о Борисе Григорьевиче — одарённом, добром, весёлом и отзывчивом человеке.

Редакция выражает искренние соболезнования его родным и близким.

В этом номере журнал в журнале "Радио" — о связи" мы посвящаем памяти Бориса Григорьевича Степанова.

Редакция

Памяти товарища...

Публикации Бориса Григорьевича Степанова мне были знакомы столько, сколько я интересовался любительской радиосвязью. Личное знакомство состоялось осенью 1992 г. Тогда я пришёл в редакцию "Радио" искать поддержки очным соревнованиям по радиосвязи на маломощных радиостанциях Р-108, которые мы — молодые радиолюбители — проводили в то время на Белом озере в Подмосковье. Общий язык был найден сразу. Я понял, что нашёл гораздо больше, чем просто поддержку, я нашёл единомышленников, заинтересованных в развитии радиолюбительского движения. Среди них — Александр Иванович Гусев, много лет готовивший к выпуску "КВ-журнал", первый Президент СРР Валерий Георгиевич Агабеков, частый гость редакции Яков Семёнович Лаповок. Объединял их всех Борис Григорьевич. Он умел собирать вокруг себя ярких и преданных любительскому радио людей, задумывал и реализовывал новые проекты практически во всех сферах радиолюбительской жизни. Вспомним радиоэкспедицию на о. Малый Высоцкий, очно-заочные соревнования, массовый трансивер "Радио-76", радиоэкспедицию — мемориал "Победа", любительское радио на станции "Мир". В своих публикациях он не только отражал радиолюбительскую жизнь, но и своими руками создавал её.

Когда соревнования на Белом озере состоялись и нужно было подготовить о них статью, я понял, что совершенно не умею писать. Борис Григорьевич научил меня излагать свои мысли, выделять главное, видеть перед собой читателя и, обращаясь к нему, рассказывать так, чтобы ему было интересно. Это — азы журналистики, но такие нужные для работы со словом, с любым текстом, как художественным, так и техническим.

Мне довелось присутствовать на большинстве заседаний Президиума Союза радиолюбителей в то время, когда они проходили в кабинете главного редактора журнала "Радио". И это была отличная школа работы в общественной организации. На моих глазах из отдельных личностей и групп радиолюбителей создавался Союз, насчитывающий сегодня семь с половиной тысяч членов и имеющих свои организации в 82 регионах. Союз радиолюбителей России сегодня — полноправный член IARU. И в этом тоже заслуга Бориса Григорьевича.

Последние несколько лет мы с Борисом Григорьевичем общались по сети Интернет почти каждый день. Не занимая формально каких-либо должностей в Союзе радиолюбителей, он был в курсе происходящих событий и всегда мог подсказать, посоветовать, привести пример, поделившись своим богатым опытом. Даже в самые последние дни жизни, в больнице, он не переставал работать: звонил по телефону, просил подготовить материал, фотографии.

Таким он и остался в моей памяти: всегда деликатным, но настойчивым, с огромным багажом опыта и знаний, но никогда не навязывающим своего мнения, честным к себе и окружающим. Думаю, что лучшим способом сохранить память о Борисе Григорьевиче будет продолжение и развитие его проектов. Союз радиолюбителей России совместно с редакцией журнала "Радио" это обязательно сделают.

Игорь ГРИГОРЬЕВ,
Президент СРР

О Борисе Григорьевиче Степанове известно всем радиолюбителям. Скорбит всё радиолюбительское братство. В начале прощания с ним слышалась скорбная морзянка.

Что особенное я могу отметить из нашего полувекового знакомства.

Любителями радио становятся в детстве, кого-то это увлечение захватывает на всю жизнь, и он становится профессионалом — радиоинженером, учёным или разработчиком, а кто-то — уже профессионал, но на старости лет начинает заниматься радиолюбительством. Борису посчастливилось быть знакомым и работать с Лабутиным, Добржанским — известными разработчиками спутниковой аппаратуры и, одновременно, известнейшими радиолюбителями, Рыбкиным, Хачатуровым и многими, многими другими, создавшими современный радиолюбительский мир — мир технического спорта.

Радиолюбительство во всех проявлениях — соревнования, разработка аппаратуры — требует глубоких физических познаний, закладывать которые необходимо с детства. Борис обнаружил, что он, уже успешный физик, обладает даром популяризации знаний и стал профессионалом — радиолюбителем. Он сделал своё хобби профессией, что очень редко кому удаётся.

В написанных или отредактированных им статьях не встречается ошибок, а самое главное, они понятны каждому. Его статьи о трансиверах, антеннах, соревнованиях, космической связи глубоко изучались и мальчишками-радиолюбителями, и радиоинженерами, так как они открывали новые взгляды разработчика, физика на рассматриваемые вопросы.

Мы потеряли талантливого педагога, влюблённого в свой предмет и в своих учеников, одинаково благожелательно, приветливо относящегося ко всем.

Сергей МИШЕНКОВ,
д-р техн. наук, профессор,
член редколлегии журнала "Радио"

Не стало Бориса Григорьевича Степанова. Перевёрнута ещё одна страница радиолюбительской истории, одним из ярких творцов которой и был Борис Григорьевич.

Помню, что впервые узнал эту фамилию в далёком 1995 г., когда в радиокружке увидел старое, времён ДОСААФ СССР, издание "Справочника коротковолновика". Затем имя Бориса Степанова стало практически постоянным моим спутником в любительском радио, поскольку уже спустя три года я стал подписчиком "КВ-журнала", из которого черпал всю информацию о нашем хобби. Обновлённое издание "Справочника коротковолновика" под редакцией Бориса Григорьевича вообще стало для меня настольной книгой.

Тогда в конце 90-х я даже и представить себе не мог, что судьба подарит мне личное знакомство с легендарным Борисом Степановым и что именно мне доведётся стать инициатором присвоения ему звания Почётного члена Союза радиолюбителей России, в становление которого в самые трудные годы Степанов вложил много сил. Но теперь, спустя годы, я вспоминаю минуты нашего общения в Скайпе и личные встречи на фестивалях, заседаниях редколлегии журнала "Радио" как яркое событие, прикосновение к живой истории радиолюбительства в России. Интересный рассказчик, обладатель отменного чувства юмора, рассудительный и мудрый. Именно таким я запомнил Бориса Григорьевича.

Имя Бориса Степанова неразрывно связано с летописью радиолюбительства в нашей стране, и теперь, когда он сам стал частью этой истории, важно, чтобы его советы и начинания не стёрлись из памяти.



Дмитрий ВОРОНИН, Президент Союза радиолюбителей России 2011—2017 гг., Председатель Попечительского совета СРР

ИЗМЕРЕНИЯ

ИЗМЕРЕНИЕ МАЛЫХ ВЧ НАПРЯЖЕНИЙ

Б. СТЕПАНОВ

В радиолюбительской практике нередко возникает необходимость измерять малые напряжения переменного тока высокой частоты. Подобные измерения обычно производят с помощью ВЧ головки, которую подключают к вольтметру постоянного тока (рис. 1). Собственно ВЧ головка состоит из выпрямителя, выполненного на полупроводниковом диоде *V1* и фильтра нижних частот *R1C2*. В простейшем и, кстати, наиболее часто встречающемся варианте измерительный прибор *P* — микроамперметр, а входящий в ФНЧ резистор *R1* выполняет также функции добавочного резистора и определяет предел измерения напряжения вольтметра.

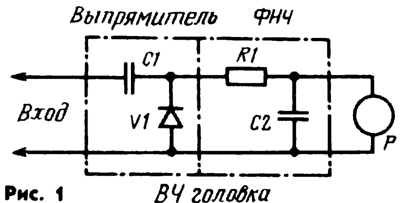


Рис. 1

При малых (до 1...2 В) напряжениях шкала такого ВЧ вольтметра нелинейна, что обусловлено нелинейностью прямой ветви вольтамперной характеристики полупроводникового диода. Нелинейность шкалы вольтметра зависит также и от сопротивления нагрузки выпрямителя (резистора, входящего в ФНЧ, и входного сопротивления вольтметра). В подобных ВЧ вольтметрах используют, как правило, лишь германиевые диоды, так как у кремниевых эффективность выпрямления при амплитуде ВЧ напряжения меньше 0,6. . . 0,7 В резко падает.

В качестве вольтметров постоянного тока в проведенных экспериментах использовались микроамперметры с током полного отклонения 50, 100 и 200 мкА. Подобные приборы наиболее широко распространены у радиолюбителей, да и большинство авометров, выпускаемых промышленностью, имеет такие же или близкие пределы измерения тока. Во всех случаях сопротивление резистора *R1* (рис. 1) рассчитывалось таким, чтобы совместно с микроамперметром он образовывал вольтметр постоянного тока с пределом измерения 1 В.

Результаты, о которых речь пойдет ниже, были получены при использовании в простых ВЧ вольтметрах, германиевых диодов серий Д2, Д9, Д18, Д20, Д310, Д311, Д312, ГД402, ГД507, ГД508 с различными буквенными индексами. Оказалось, что, если ограничиться вполне приемлемой для радиолюбительской практики точностью измерений 15...20%, то такие вольтметры, независимо от типа диода, не нуждаются в калибровке по образцовому прибору.

Первой особенностью таких вольтметров является то, что стрелка микроамперметра, действительно, отклоняется на последнее деление шкалы при подаче на вход напряжения . . .1 В (эффективное значение). Если быть более точным, то для ВЧ вольтметра с микроамперметром на 50 мкА это напряжение составило 0,94 В* (наблюдались значения в интервале 0,86. . .1 В), на 100 мкА — 0,97 В (0,92. . .1,05 В), на 200 мкА — 1,02 В (0,98. . .1,12 В).

Таблица 1

N	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10
$U_{эфф}$	1	0,92	0,84	0,75	0,66	0,57	0,48	0,38	0,28	0,16

Таблица 2

Тип диода	Д2	Д9	Д18	Д20	Д310	Д311	Д312	ГД402	ГД507	ГД508
K_f	0,6	0,6	0,9	0,85	0,6	0,85	0,4	0,9	0,8	1

Не требует он калибровки и в остальных точках (примерно до 0,1 В). Это обусловлено второй особенностью такого вольтметра. Оказывается, что шкалу (градуировочную таблицу) можно рассчитать по формуле

$$N = N_0 \cdot \sqrt[n]{U_{эфф}},$$

где N_0 — полное число делений шкалы микроамперметра; N — число делений, на которое отклонится стрелка прибора при подаче на его вход напряжения $U_{эфф} < 1$ В.

* Среднеарифметическое значение.

Показатель степени n хотя и слабо, но зависит от тока полного отклонения измерительного прибора. Для микроамперметра на 50 мкА он составил 1,22* (наблюдались величины в интервале 1,16. . .1,32), на 100 мкА — 1,26 (1,18...1,37), на 200 мкА — 1,3 (1,2...1,4). Расчетные данные для градуировки шкалы ВЧ вольтметра, изготовленного на основе микроамперметра с током полного отклонения 100 мкА, приведены в таблице 1.

Все сказанное выше справедливо лишь в области относительно низких частот, верхняя граница которой однозначно определяется типом диода. Если показатель степени n от частоты практически не зависит (до 30 МГц), то эффективность выпрямления переменного тока с повышением частоты уменьшается. Для диодов типа Д2, Д9, Д310 и Д312 частотная зависимость показаний вольтметра начинает проявляться уже на частотах 2...5 МГц, для диодов Д18, Д20, Д311, ГД402 и ГД507 — на частотах 10...20 МГц. Ориентировочные данные по эффективности выпрямления K_f на частоте 30 МГц (по сравнению с частотой 0,3 МГц) приведены в таблице 2. Видно, что наилучшими для ВЧ вольтметра являются диоды типа ГД508. Эти данные получены на ВЧ вольтметре с микроамперметром на 100 мкА.

Эффективность выпрямления слабо зависит и от тока полного отклонения измерительного прибора: для микроамперметра на 50 мкА она будет примерно на 10 % выше.

Напомним, что входное сопротивление ВЧ вольтметра, выполненного по схеме рис. 1, составляет примерно одну треть от сопротивления резистора *R1*. Следовательно, оно будет тем больше (при прочих равных условиях) чем чувствительнее микроамперметр. ...



ТРАНСИВЕР „РАДИО-76"

UK3R

0,1 0,2 0,3 0,4 0,5

A

ВЫХОД

ПЕРЕД.

ПРИЕМ

УСИЛЕНИЕ

ЧАСТОТА

ТРАНСИВЕР РАДИО•76

9

8

3

4

5

6

7

Основной блок

12

10

11

Блок гетеродинов

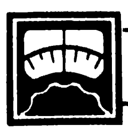
13

Блок усилителя мощности

14

2

1



СПОРТИВНАЯ АППАРАТУРА

Идея разработать в лаборатории журнала «Радио» трансивер, предназначенный для массового повторения радиолюбителями, вызвала горячие споры: каким ему быть? И не удивительно. С одной стороны, массовый трансивер должен использовать доступную широкому кругу радиолюбителей компонентную базу и быть простым в изготовлении и налаживании. С другой стороны, он должен быть, по крайней мере, не хуже уже известных конструкций (иначе его просто не интересно будет повторять!).

И еще одно обстоятельство следовало учесть при разработке подобного трансивера. Коротковолновик за несколько лет проходит путь от третьей до первой категории. За это время ему нужно создать три различные по своему уровню радиостанции. Как правило, предыдущую конструкцию он использует как «булку с изюмом» — извлекает из нее для новой радиостанции нужные детали. Некоторые коротковолновики пытаются сразу же повторить достаточно сложную конструкцию в надежде использовать ее и при переходе в более высокую категорию. Обычно это приводит к плачевным результатам. Из-за отсутствия опыта конструирования аппаратуру не удается довести до удовлетворительного уровня (при этом, правда, как правило, критике подвергаются конструкция и ее разработчик).

Решить «проблему роста», видимо, можно созданием эволюционирующей конструкции. Однако крайне трудно (да и вряд ли целесообразно) сделать трансивер, который путем модификации можно было бы довести от третьей категории до первой. Наиболее приемлемым представляется вариант, когда «в недрах» радиостанций второй категории зарождается будущий трансивер первой категории. Причем основным требованием к блокам, используемым в первой конструкции, является возможность их применения без переделки (в крайнем случае — лишь с минимальными модификациями) в трансивере более высокого класса.

Именно таким и задуман трансивер для массового повторения. Первым этапом в его создании была разработка блоков, с помощью которых владелец радиостанции второй категории может выйти в эфир на SSB в диапазоне 80 м, используя их либо как самостоятельный однодиапазонный трансивер, либо как приставку к телеграфному передатчику, уже имеющемуся на радиостанции.

Попытки примирения противоречивых требований, желание учесть мнения всех принимавших участие в обсуждении проекта, борьба с постоянно возникающим в глубине души стремлением создать уникальный аппарат экстра класса — вот моральный климат, в котором в лаборатории журнала «Радио» рождалось новое детище — трансивер «Радио-76».

Сегодня редакция представляет на суд читателей первый вариант трансивера — однодиапазонный. В целях упрощения в нем отсутствуют элементы автоматики и автоматических регулировок (за исключением простейшей АРУ), но возможность их введения предусмотрена: имеются вход для управляющего сигнала ALC, выходы на VOX и ANTI-TRIP.

В настоящее время авторы разрабатывают блоки, добавление которых превратит трансивер в пятидиапазонный.

Однодиапазонный трансивер прошел испытания на радиостанции UK3R и показал себя надежным и удобным в работе устройством, имеющим достаточно высокие характеристики.

Б. СТЕПАНОВ (UW3AX), мастер спорта СССР, Г. ШУЛЬГИН (UA3ACM), мастер спорта СССР

Трансивер предназначен для работы на SSB (нижняя боковая полоса) в телефонном участке 80-метрового любительского диапазона. Он имеет следующие характеристики: диапазон принимаемых и излучаемых частот — 3,6—3,65 МГц; чувствительность приемника (при соотношении сигнал/шум 10 дБ) — не хуже 1 мкВ; подавление зеркального канала при приеме — не менее — 40 дБ; «забитие» (по отношению к уровню 10 мкВ) — не хуже 500 мВ; взаимная модуляция (по отношению к 1 мкВ) — не хуже 80 дБ; входное сопротивление приемника — 75 Ом; выходное сопротивление усилителя НЧ — 10 Ом; максимальное выходное напряжение НЧ (с работающей системой АРУ) — 0,8 В; изменение уровня выходного сигнала (при изменении уровня входного на 60 дБ) — не более 6 дБ; нестабильность частоты гетеродина (как для приемного, так и для передающего трактов) — не хуже 300 Гц/ч; пиковая выходная мощность — 5 Вт; уровень внеполосных излучений — не более —40 дБ; подавление несущей — не менее —50 дБ; выходное сопротивление передатчика — 75 Ом; напряжение питания — 12 В; ток покоя в режиме приема — 200 мА; ток покоя в режиме передачи — 360 мА.

Односигнальная избирательность приемника (подавление нерабочей боковой полосы) и неравномерность в полосе пропускания определяются электромеханическим фильтром. Типичными при использовании стандартного электромеханического фильтра ЭМФ-9Д-500-3В будут следующие значения этих параметров: полоса пропускания по уровню —6 дБ — 2,95 кГц, полоса пропускания по уровню —60 дБ — 4,85 кГц, неравномерность в полосе пропускания — не более 1,5 дБ.

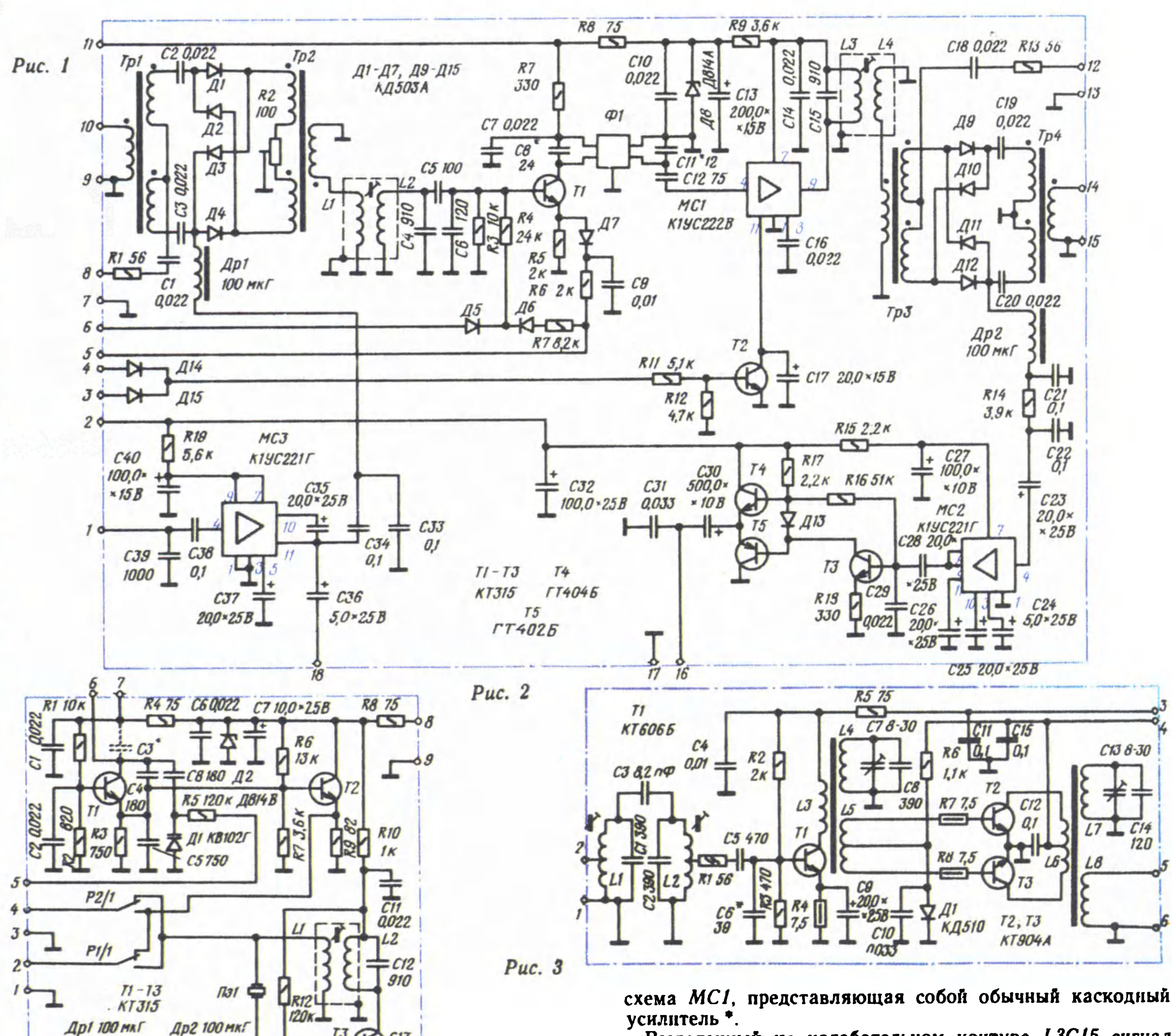
Трансивер (без блока питания) выполнен на трех интегральных микросхемах, 11 транзисторах и 19 полупроводниковых диодах. Он собран по схеме, в которой тракт усилителя промежуточной частоты полностью используется как при приеме, так и при передаче. Такое решение в сочетании с применением кольцевых смесителей, также полностью используемых при приеме и при передаче, позволяет существенно упростить схему вплоть до того, что все малосигнальные тракты трансивера на прием и на передачу можно сделать общими. В описываемой конструкции разделены функции лишь низкочастотных усилителей (усилителя НЧ приемника и микрофонного усилителя передатчика). Последнее привело к использованию нескольких дополнительных компонентов, но зато заметно упростило коммутацию.

Другая особенность трансивера — нетрадиционное построение приемного тракта (без усилителя высокой частоты, с кольцевым смесителем на входе). Это позволило получить хорошие характеристики по «забитию» и по взаимной модуляции. Несмотря на отсутствие усилителя ВЧ и использование пассивного смесителя, удалось получить чувствительность около 1 мкВ, более чем достаточную для работы на диапазоне 80 м.

Структурная схема трансивера приведена на 2-й с. вкладки. Трансивер состоит из трех блоков (основного, гетеродинов и усилителя). В режиме приема сигнал через антенный переключатель *1* и фильтр сосредоточенной селекции *2* поступает на первый кольцевой смеситель *3*, расположенный в основном блоке. С блока гетеродинов на этот смеситель через коммутатор *12* подается напряжение высокочастотного гетеродина *10* с частотой, лежащей в интервале 4,1—4,15 МГц. Усиленный первым каскадом усилителя ПЧ *4* сигнал промежуточной частоты (500 кГц) проходит через электромеханический фильтр *5*, усиливается вторым каскадом усилителя ПЧ *6* и поступает на второй кольцевой смеситель *7*, выполняющий в этом режиме функции смесительного детектора. С платы гетеродинов через коммутатор *12* на него подается напряжение с частотой 500 кГц от гетеродина *11*, а продетектированый сигнал поступает на усилитель НЧ *8*.

В режиме передачи сигнал с микрофона усиливается низкочастотным усилителем *9* и поступает на первый кольцевой смеситель *3*, который в этом режиме выполняет функции балансного модулятора. С блока гетеродинов на него через коммутатор *12* подается напряжение гетеродина *11*. Первый каскад усилителя ПЧ усиливает DSB сигнал. Электромеханический фильтр выде-

ляет из этого сигнала верхнюю боковую полосу, и сформированный SSB сигнал после усиления вторым каскадом усилителя ПЧ поступает на второй кольцевой смеситель, на который подается напряжение гетеродина *10* частотой 4,1—4,15 МГц (через коммутатор *12*). Преобразованный сигнал усиливается усилителем мощности, состоящим из предварительного *13* и оконечного *14* усилителей, и через переключатель *1* поступает в антенну.



Принципиальные схемы основного блока, блока гетеродинов и блока усилителя мощности приведены на рис. 1, 2 и 3 в тексте.

В режиме приема на первый кольцевой смеситель на диодах *Д1—Д4* (рис. 1) через выводы *9* и *10* поступает сигнал, а через выводы *7* и *8* — напряжение гетеродина частотой 4,1—4,15 МГц. На выходе кольцевого смесителя выделяется сигнал промежуточной частоты (500 кГц), который усиливается усилителем ПЧ, выполненным на транзисторе *T1*. Предварительную фильтрацию сигнала ПЧ осуществляет колебательный контур *L2C4C5C6*, а основную — электромеханический фильтр *Ф1*, включенный в коллекторную цепь транзистора *T1*. Для дальнейшего усиления сигнала в тракте ПЧ применена микросхема *MC1*, представляющая собой обычный каскодный усилитель *.

Выделенный на колебательном контуре *L3C15* сигнал поступает на второй кольцевой смеситель на диодах *Д9—Д12*. Через выводы *12* и *13* на него с блока гетеродинов подают напряжение с частотой 500 кГц.

Прошедший через фильтр нижних частот *Др2С21R14C22* сигнал низкой частоты усиливается микросхемой *MC2*, представляющей собой двухкаскадный усилитель с непосредственными связями, и транзисторами *T3—T5*. К выводам *16* и *17* можно подключить громкоговоритель с сопротивлением 5—10 Ом или головные телефоны (желательно низкоомные).

* См. «Радио», 1975, № 7, с. 55.

В режиме передачи сигнал с микрофона поступает на вывод *1* и усиливается микросхемой *МС3*. Эта микросхема (в отличие от *МС2*) включена не совсем обычно: ее вывод *10* соединен через электролитический конденсатор не с корпусом, а с выводом *11* (микросхемы), с которого и снимается выходной сигнал. При этом уменьшаются ее коэффициент усиления и выходное сопротивление (примерно до 300 Ом).

В блоке гетеродинов (рис. 2) находятся коммутатор на реле *Р1* и *Р2* и два генератора. Один из них — генератор плавного диапазона (*ГПД*), изменением частоты которого осуществляется настройка на рабочую частоту. Он выполнен на транзисторе *Т1*.

На транзисторе *Т2* собран буферный каскад. Катушка индуктивности колебательного контура генератора находится вне платы и подключается к ней через выводы *6*

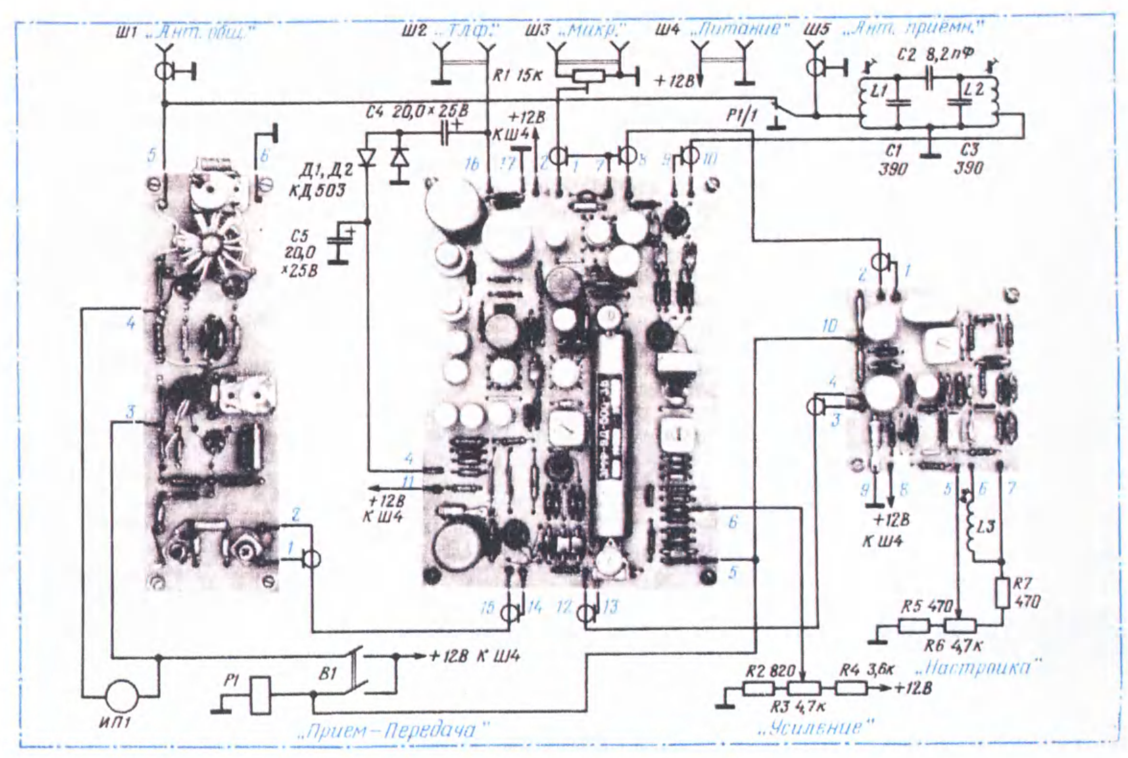


Рис. 4

и *7*. Такое решение позволит в дальнейшем, при перенесении платы гетеродинов в трансивер первой категории, легко изменить диапазон рабочих частот гетеродина, не внося изменений в саму плату. Частоту *ГПД* изменяют варикапом *Д1*, подавая на него через вывод *5* управляющее напряжение.

Второй генератор (на частоту 500 кГц) выполнен на транзисторе *Т3*. Его частота стабилизирована кварцевым резонатором *Пэ1*.

Положение контактов коммутатора реле на рисунке соответствует режиму приема (напряжение на реле не подано). Через выводы *1* и *2* напряжение с блока гетеродинов подается на первый смеситель (выводы *7* и *8* основного блока), а через выводы *3* и *4* — на второй смеситель (выводы *12* и *13* основного блока). Управляющее напряжение на реле *Р1* и *Р2* подают через вывод *10*, а напряжение питания на блок гетеродинов — на выводы *8* и *9*.

В режиме передачи сигнал с основной платы поступает на выводы *1* и *2* платы усилителей мощности (рис. 3). Полосовой фильтр *L1C1C3L2C2* выделяет из поступающего на него сигнала полезный, лежащий в полосе рабочих частот трансивера. Первый каскад усилителя мощности (транзистор *Т1*) работает в режиме класса А, а оконечный каскад, выполненный по двухтактной схеме на транзисторах *Т2* и *Т3*, — в режиме класса В. Смещение на транзисторы задает стабилизатор на диоде *Д1*. Выходной сигнал на антенну снимают с катушки связи *L8* (через выводы *5* и *6*). Питание на

(Продолжение см. на с. 26)

С микрофонного усилителя низкочастотный сигнал поступает на первый кольцевой смеситель, который теперь выполняет функции балансного модулятора. На этот смеситель через выводы *8* и *9* с блока гетеродинов подается напряжение частотой 500 кГц. Балансируют смеситель подстроечным резистором *R2*.

С балансного модулятора DSB сигнал поступает в тракт ПЧ, с выхода которого на второй кольцевой смеситель подается уже сформированный и усиленный SSB сигнал. Через выводы *12* и *13* на этот смеситель поступает напряжение гетеродина частотой 4,1—4,15 кГц. Преобразованный сигнал через выводы *14* и *15* поступает на усилитель мощности для фильтрации и усиления. С вывода *18* сигнал можно подать на VOX, а с выводов *16* и *17* — на ANTI-TRIP.

В блоке предусмотрена возможность автоматической регулировки усиления тракта ПЧ как при приеме (АРУ), так и при передаче (ALC). Эта регулировка осуществляется во втором каскаде усилителя ПЧ (микросхема *МС1*) вспомогательным транзистором *Т2*. На базу транзистора управляющие сигналы подают через развязывающие диоды *Д14* и *Д15* (выводы *3* и *4*).

Ручная регулировка усиления возможна только в режиме приема. Ее осуществляют, подавая через вывод *6* блока напряжение смещения на транзистор первого каскада усилителя ПЧ.

Единственный в основном блоке узел, коммутируемый при переходе с приема на передачу, также относится к этому каскаду. О том, как он работает, будет рассказано ниже.

1976, № 6

ТРАНСИВЕР «РАДИО-76»

(Начало см. на с. 17)

первый каскад подают через вывод *3*, а на оконечный — через вывод *4*.

Схема соединения блоков трансивера и деталей, установленных вне этих блоков, приведена на рис. 4 в тексте. Для блоков на этом рисунке даны фотографии их печатных плат. Антенну подключают к разъему *Ш1* и через контакты *Р1/1* антенного реле принимаемый сигнал поступает на двухконтурный полосовой фильтр *L1C1C2L2C3*. С фильтра сигнал подается на основной блок. Через разъем *Ш5* возможно подключение отдельной приемной антенны, минуя антенный переключатель.

Переменным резистором *R6* трансивер настраивают на рабочую частоту, а резистором *R3* изменяют усиление тракта ПЧ при приеме.

Диоды *Д1*, *Д2* и конденсаторы *С4*, *С5* образуют выпрямитель с удвоением напряжения, формирующий сигнал управления АРУ.

Выключателем *В1* трансивер переводят из режима *«Прием»* в режим *«Передача»*. На схеме он показан в положении режима *«Прием»*. В режиме *«Передача»* через верхние контакты выключателя на блок усилителя мощности подается питание, а через нижние контакты — напряжение +12 В на реле *Р1* антенного переключателя, реле *Р1* и *Р2* коммутатора, расположенные в блоке гетеродинов (рис. 3), и на вывод *5* основного блока.

Разберем принцип коммутации при переходе с приема на передачу в первом каскаде усилителя ПЧ основного блока (рис. 1). В режиме *«Прием»* нижний по схеме вывод резистора *R6* присоединен к корпусу через обмотку реле *Р1* (рис. 2), диод *Д7* открыт напряжением, падающим на резисторе *R5*. Конденсатор *С9*, подключенный параллельно резистору *R5*, уменьшает отрицательную обратную связь по переменному току. Усиление каскада в этом случае максимально. При подаче на вывод *5* постоянного напряжения +12 В диод *Д7* закрывается, отключая конденсатор *С9* от резистора *R5*. Коэффициент усиления каскада скачкообразно уменьшается. Это позволяет избежать перегрузки тракта ПЧ относительно большим сигналом, поступающим в тракт с кольцевого смесителя в режиме передачи. Цепочка *R6Д6Д5* обеспечивает подачу на базу транзистора *Т1* в режиме передачи постоянного смещения, не зависящего от напряжения на выводе *6*, то есть от установки уровня усиления ПЧ в режиме приема.

Сигнал с микрофона поступает через разъем *Ш3*. Подстроечным резистором *R1* устанавливают необходимый уровень этого сигнала. По прибору *ИП1* контролируют ток, потребляемый оконечным каскадом усилителя мощности.

Головные телефоны или громкоговоритель подключают к разъему *Ш2*.

Питается трансивер от стабилизированного источника питания через разъем *Ш4*.

(Окончание следует)

1961, № 6

ОБМЕН опытом

ПРОСТЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ АЗБУКИ МОРЗЕ

* * *

Генератор (рис. 2) собран по схеме с заземленным основанием. Указанный в схеме транзистор П1И с низким коэффициентом усиления можно заменить любым другим типа *р-п-р*. Величина сопротивления R_1 выбирается из расчета получения максимальной громкости. Частота генерации при одних и тех же величинах емкостей C_1 и C_2 зависит от применяемых телефонов. В данном случае использованы телефоны ТОН-1 (генерируемая частота 800 *гц*).

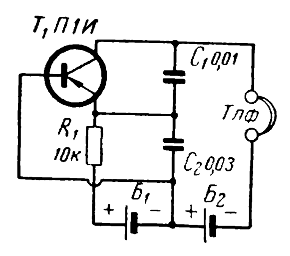


Рис. 2

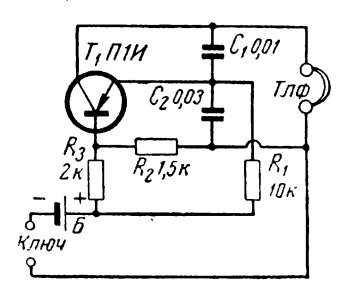


Рис. 3

Ключ можно включать в разрыв любой цепи питания. Потребляемый ток 0,14 *ма*. Схема второго генератора (рис. 3) несколько видоизменена по сравнению с первым (рис. 2). Амплитуда генерируемого напряжения около 1 *в*. Форма напряжения почти синусоидальная.

Б. Степанов

Уважаемые читатели!

Редакция журнала «Радио» совместно с ООО «Чип набор» распространяет наборы для радиолюбителей (подробнее на сайте по адресу: http://kits.radio.ru).

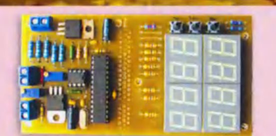
Набор
«Двухтактный оконечный усилитель на 6Н23П и 6П43П»



Редакция совместно с ООО «Чип набор» выпускает набор для радиолюбителей «Двухтактный оконечный усилитель на 6Н23П и 6П43П», описание которого было опубликовано в статье С. Комарова («Радио», 2008, № 8, с. 49, 50; № 9, с. 45—48; № 10, с. 47, 48). В набор входят лампы, трансформаторы, дроссель, комплект деталей, провода, крепёжные и установочные изделия. Отдельно можно приобрести готовое шасси для этого усилителя.

Подробную информацию можно получить по тел. (495) 608-81-79 или по электронной почте <sale@radio.ru>.

Уважаемые читатели, из-за входящих в набор тяжёлых трансформаторов и хрупких радиоламп пересылка почтой осуществляться не будет.



«Усовершенствованное цифровое устройство защиты с функцией измерения», описание которого опубликовано в статьях «Цифровое устройство защиты с функцией измерения» («Радио», 2005, № 1, с. 32–34) и «Усовершенствованное цифровое устройство защиты с функцией измерения» («Радио», 2007, № 7, с. 26–28), автор Н. Заец.

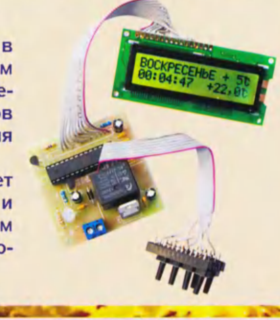
Устройство защиты с функцией измерения предназначено для использования с блоком питания или зарядным устройством.

Это устройство можно применить для зарядки аккумуляторных батарей.

Оно обеспечивает удобную цифровую индикацию выходного напряжения и тока, потребляемого нагрузкой, раздельное включение и отключение защиты по току и напряжению, установку пределов срабатывания защиты и их сохранение в энергонезависимой памяти.

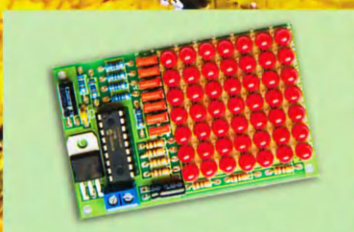
Деньги за интересующие вас наборы нужно отправить почтовым переводом или через ОАО «Сбербанк России» на наш расчётный счёт. На бланке обязательно напишите, за что вы переводите деньги и укажите свой точный почтовый адрес с почтовым индексом. После того как деньги поступят на расчётный счёт, мы отправим ваш заказ.

Набор для радиолюбителей «Программируемый термостат», описание которого опубликовано в статье В. Нефёдова «Программируемый терморегулятор для системы отопления» («Радио», 2011, № 1, с. 40, 41). В набор входят печатная плата, запрограммированный микроконтроллер, комплект деталей и инструкция.



Устройство может быть использовано в системах нагрева различных сред. В своём составе устройство имеет датчик температуры, ЖКИ, кнопки в качестве органов управления, а также реле для подключения внешней нагрузки.

Таким образом, устройство измеряет температуру среды, куда помещён датчик и в соответствии с заложенным алгоритмом включает и выключает нагрузку, подключённую к реле.



Набор для радиолюбителей «Автомат световых эффектов на микроконтроллере», описание которого опубликовано в статье Р. Мухутдинова («Радио», 2011, № 6, с. 51, 52).

В набор входят печатная плата, запрограммированный микроконтроллер, комплект деталей и инструкция.

Это устройство позволяет получить чередующиеся световые эффекты, такие как бьющееся сердце, вращающиеся стрелки, пульсирующая звезда и т.д. Отображение световых эффектов происходит посредством светодиодной матрицы 7x7, все светодиоды размещены на плате. Смена эффектов происходит автоматически, за что и отвечает микроконтроллер PIC16F628.



Блок зажигания–регулятор угла опережения зажигания предназначен для замены штатных центробежного и вакуумного регуляторов четырёхцилиндрового бензинового двигателя автомобиля электронным аналогом, выполненным на микроконтроллере PIC16F676.

Подробно о работе устройства можно прочитать в статье В. Шкильменского «Блок зажигания–регулятор угла ОЗ на микроконтроллере PIC16F676» в журналах «Радио» № 11 за 2008 г. на с. 36–38 и № 4 за 2009 г. на с. 38, 39.

Внимание! В состав набора входят три микроконтроллера с разными прошивками. В устройстве используется только один в зависимости от вашего выбора. Основная версия, прошивка FUOZ~676.

Устройство доработано, изменена его схема, усовершенствована программа микроконтроллера.

«USB программатор микроконтроллеров AVR и AT89S, совместимый с AVR910»



Схема и описание программатора опубликованы в журнале «Радио» № 7 за 2008 г., автор А. Рыжков, г. Новокузнецк. При изготовлении набора были учтены пожелания читателей, и принципиальная схема USB программатора была соответствующим образом доработана. Поэтому удаление «лишних», на первый взгляд, деталей может привести либо к неправильному функционированию программатора, либо к выходу из строя порта USB компьютера.

Каждый базовый набор включает в себя запрограммированный микроконтроллер, печатную плату с нанесённым на ней (для удобства монтажа) расположением элементов (вид со стороны деталей), набор деталей, инструкцию с описанием монтажа и настройки.

Более подробную информацию об условиях приобретения наборов можно получить на сайте http://kits.radio.ru или по телефону (495) 607-77-28, по электронной почте <sale@radio.ru>.

**Получатель: ЗАО «Журнал «Радио», ИНН 7708023424, КПП 770801001
р/с 40702810438090103159, ПАО Сбербанк г. Москва,
К/с 30101810400000000225, БИК 044525225**

Наложенным платежом редакция наборы не высылает!